

УЧЕБНИК XXI ВЕКА

# МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

*В двух книгах*

## КНИГА 1

Под редакцией академика  
Российской академии сельскохозяйственных наук  
В.А. Панфилова

*Допущено Министерством образования Российской Федерации  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов  
"Пищевая инженерия"*



Москва  
"Высшая школа"  
2001

УДК 664  
ББК 36.81-5  
М38

Авторы:

**С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков,  
В.А. Панфилов, О.А. Ураков**

Рецензенты:

кафедра машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *Е.П. Кошевой*); кафедра техники мясных и молочных производств Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (зав. кафедрой заслуженный деятель науки и техники РФ, д-р техн. наук, проф. *Л.К. Николаев*)

М38

**Машины и аппараты пищевых производств.** В 2 кн. Кн. 1: Учеб. для вузов/ С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова.— М.: Высш. шк., 2001.— 703 с.: ил.

ISBN 5-06-004168-9

В учебнике анализируются состояние и перспектива технического обеспечения пищевых производств. Особое внимание уделено проблемам, стоящим перед специалистами в деле повышения эффективности машинных технологий продуктов питания. Даны современные формы организации технологических комплексов, а также основные требования к процессам и оборудованию пищевых производств. Обоснованы машинно-аппаратурные схемы линий для переработки сельхозсырья растительного и животного происхождения в пищевые продукты. Изложены научные основы реализуемых процессов и инженерные расчеты важнейших характеристик машин и аппаратов. Описано оборудование для ведения механических, тепломассообменных и биотехнологических процессов, а также для дозирования и упаковывания пищевых продуктов. Рассмотрены методы организации технического обслуживания и ремонта оборудования; приоритетные научные проблемы и инженерные задачи развития пищевых производств.

*Для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Машины и аппараты пищевых производств» и «Пищевая инженерия малых предприятий».*

УДК 664  
ББК 36.81-5

ISBN 5-06-004168-9 (кн. 1)  
ISBN 5-06-004074-7

© ФГУП «Издательство «Высшая школа», 2001

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

# О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие . . . . .	13
Введение . . . . .	15

## КНИГА 1

<b>ЧАСТЬ I. МАШИНЫ И АППАРАТЫ – СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ . . . . .</b>	<b>17</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

<b>Глава 1. Организация машинных технологий пищевых продуктов . . . . .</b>	<b>19</b>
1.1. Технологические свойства пищевых сред . . . . .	19
1.2. Классификация машин и аппаратов пищевых производств . . . . .	22
1.3. Линия как объект технического обеспечения современных технологий . . . . .	25
1.4. Производительность линии . . . . .	33
1.5. Основные требования к технологическим процессам и оборудованию линий . . . . .	38
1.6. Организация машинных технологий будущего . . . . .	42
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>53</i>

<b>Глава 2. Технологические линии для производства пищевых продуктов путем разборки сельскохозяйственного сырья на компоненты . . . . .</b>	<b>54</b>
2.1. Технологическая линия мукомольного производства . . . . .	54
2.2. Технологическая линия производства сахара-песка из сахарной свеклы . . . . .	59
2.3. Технологическая линия производства картофельного крахмала . . . . .	63
2.4. Технологическая линия производства растительного масла из семян подсолнечника . . . . .	66
2.5. Технологическая линия производства виноматериалов . . . . .	70
2.6. Технологическая линия производства томатного сока . . . . .	73
2.7. Технологическая линия производства солода . . . . .	75

2.8. Технологическая линия производства этилового ректификационного пищевого спирта . . . . .	79
2.9. Технологическая линия производства хлебопекарных дрожжей . . . . .	84
2.10. Технологическая линия производства ферментных препаратов . . . . .	87
2.11. Технологическая линия производства пастеризованного молока . . . . .	93
2.12. Технологическая линия первичной переработки сельскохозяйственных животных . . . . .	97
2.13. Технологическая линия первичной переработки птицы . . . . .	101
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	105
<b>Глава 3. Технологические линии для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья . . . . .</b>	<b>107</b>
3.1. Технологическая линия производства хлеба . . . . .	107
3.2. Технологическая линия производства макаронных изделий . . . . .	110
3.3. Технологическая линия производства затяжного печенья и крекера . . . . .	114
3.4. Технологическая линия производства вафель . . . . .	120
3.5. Технологическая линия производства карамели . . . . .	124
3.6. Технологическая линия производства помадных конфет . . . . .	131
3.7. Технологическая линия производства варено-сушеных круп . . . . .	137
3.8. Технологическая линия вторичного виноделия . . . . .	141
3.9. Технологическая линия производства пива . . . . .	145
3.10. Технологическая линия производства кваса . . . . .	148
3.11. Технологическая линия производства газированных безалкогольных напитков . . . . .	150
3.12. Технологическая линия производства водки . . . . .	153
3.13. Технологическая линия производства настоек, наливок и ликеров . . . . .	156
3.14. Технологическая линия производства вареных колбас . . . . .	159
3.15. Технологическая линия производства мясных консервов . . . . .	162
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	165
<b>Глава 4. Технологические линии для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья . . . . .</b>	<b>166</b>
4.1. Технологическая линия производства кукурузных хлопьев . . . . .	166
4.2. Технологическая линия производства овсяных хлопьев . . . . .	170
4.3. Технологическая линия производства сушеного картофеля и овощей . . . . .	171
4.4. Технологическая линия производства жареного и растворимого кофе . . . . .	177
4.5. Технологическая линия производства плиточного шоколада и какао-порошка . . . . .	183
4.6. Технологическая линия производства сливочного масла . . . . .	191
4.7. Технологическая линия производства творога . . . . .	194
4.8. Технологическая линия производства сыра . . . . .	199
4.9. Технологическая линия производства мороженого . . . . .	204
4.10. Технологическая линия производства рыбных консервов . . . . .	207
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	210

## ЧАСТЬ II. МАШИНЫ И АППАРАТЫ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

### РАЗДЕЛ А. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ . . . . . 213

#### Глава 5. Оборудование для мойки сельскохозяйственного сырья и тары

5.1. Научное обеспечение процесса мойки сельскохозяйственного сырья и тары . . . . .	213
5.2. Классификация оборудования . . . . .	214
5.3. Машины для мойки зерна . . . . .	216
5.4. Машины для мойки сахарной свеклы . . . . .	223
5.5. Машины для мойки плодов и овощей . . . . .	230
5.6. Машины для мойки туш животных . . . . .	238
5.7. Машины для мойки тары . . . . .	241
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>253</i>

#### Глава 6. Оборудование для очистки и сепарирования сыпучего сельскохозяйственного сырья . . . . . 254

6.1. Научное обеспечение процессов очистки и сепарирования сыпучего сельскохозяйственного сырья . . . . .	254
6.2. Классификация оборудования . . . . .	257
6.3. Скальператоры и камнеотделительные машины . . . . .	259
6.4. Воздушно-ситовые сепараторы и просеиватели . . . . .	273
6.5. Триеры . . . . .	294
6.6. Падди-машины . . . . .	304
6.7. Воздушные сепараторы . . . . .	310
6.8. Магнитные сепараторы . . . . .	316
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>323</i>

#### Глава 7. Оборудование для инспекции, калибрования и сортирования штучного сельскохозяйственного сырья . . . . . 324

7.1. Научное обеспечение процессов инспекции, калибрования и сортирования штучного сельскохозяйственного сырья . . . . .	324
7.2. Классификация оборудования . . . . .	325
7.3. Оборудование для инспекции пищевого растительного сырья . . . . .	330
7.4. Калибровочные машины . . . . .	334
7.5. Машины для сортирования пищевого сырья . . . . .	337
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>340</i>

#### Глава 8. Оборудование для очистки растительного и животного сырья от наружного покрова . . . . . 341

8.1. Научное обеспечение процесса очистки сырья от наружного покрова . . . . .	341
8.2. Классификация оборудования . . . . .	347
8.3. Обочные и щеточные машины . . . . .	350
8.4. Машины для шелушения и шлифования зерновых культур . . . . .	361
8.5. Бичерушки . . . . .	366
8.6. Гребнеотделители . . . . .	371
8.7. Машины для очистки картофеля и корнеплодов . . . . .	375
8.8. Машины для отделения шелухи и плодоножек . . . . .	378
8.9. Протирочные машины . . . . .	381
8.10. Установки для снятия шкур животных . . . . .	387
8.11. Машины для снятия оперения с птиц . . . . .	394
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>400</i>

<b>Глава 9. Оборудование для измельчения пищевых сред . . . . .</b>	<b>401</b>
9.1. Научное обеспечение процесса измельчения пищевых сред . . . . .	401
9.2. Классификация оборудования . . . . .	405
9.3. Вальцовые станки . . . . .	411
9.4. Дробилки . . . . .	423
9.5. Мельницы . . . . .	429
9.6. Плющильные машины . . . . .	437
9.7. Резательные машины . . . . .	441
9.8. Свеклорезки . . . . .	444
9.9. Мясорубки, волчки и куттеры . . . . .	447
9.10. Гомогенизаторы . . . . .	464
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>470</i>
<b>Глава 10. Оборудование для сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевых сред . . . . .</b>	<b>471</b>
10.1. Научное обеспечение процессов сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевых сред . . . . .	471
10.2. Классификация оборудования . . . . .	473
10.3. Рассева . . . . .	475
10.4. Ситовые машины . . . . .	488
10.5. Вымольные машины и виброцентрофугалы . . . . .	500
10.6. Энтолейторы и деташеры . . . . .	504
10.7. Дробильно-сортировочные машины . . . . .	507
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>511</i>
<b>Глава 11. Оборудование для разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред . . . . .</b>	<b>513</b>
11.1. Научное обеспечение процесса разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред . . . . .	513
11.2. Классификация оборудования . . . . .	521
11.3. Отстойники, центрифуги и сепараторы . . . . .	526
11.4. Фильтры и фильтрующие устройства . . . . .	541
11.5. Мембранные модули и аппараты . . . . .	562
11.6. Маслоизготовители и маслообразователи . . . . .	570
11.7. Прессы . . . . .	582
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>594</i>
<b>Глава 12. Оборудование для смешивания пищевых сред . . . . .</b>	<b>596</b>
12.1. Научное обеспечение процесса смешивания пищевых сред . . . . .	596
12.2. Классификация оборудования . . . . .	598
12.3. Мешалки для жидких пищевых сред . . . . .	603
12.4. Месильные машины для высоковязких пищевых сред . . . . .	608
12.5. Машины и аппараты для образования пенообразных масс . . . . .	620
12.6. Смесители для сыпучих пищевых сред . . . . .	630
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>636</i>
<b>Глава 13. Оборудование для формования пищевых сред . . . . .</b>	<b>637</b>
13.1. Научное обеспечение процесса формования пищевых сред . . . . .	637
13.2. Классификация оборудования . . . . .	639
13.3. Экструдеры . . . . .	642

13.4. Отливочные машины . . . . .	651
13.5. Машины для формования штампованием и отсадкой . . . . .	667
13.6. Машины для формования прессованием . . . . .	675
13.7. Машины для нарезания пластов и заготовок из полуфабрикатов. . . . .	684
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	697
<b>Заключение к первой книге</b> . . . . .	698
<b>Предметный указатель</b> . . . . .	699

## КНИГА 2

<b>Предисловие ко второй книге</b> . . . . .	716
----------------------------------------------	-----

<b>ЧАСТЬ II. МАШИНЫ И АППАРАТЫ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПИЩЕВЫХ СРЕД</b> . . . . .	717
-------------------------------------------------------------------------------	-----

<b>РАЗДЕЛ Б. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ</b> . . . . .	719
---------------------------------------------------------------------------------------	-----

<b>Глава 14. Аппараты для темперирования и повышения концентрации пищевых сред</b> . . . . .	719
--------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

14.1. Научное обеспечение процессов темперирования и повышения концентрации пищевых сред . . . . .	719
14.2. Классификация оборудования . . . . .	721
14.3. Аппараты для нагревания, уваривания и варки пищевых сред . . . . .	723
14.4. Выпарные аппараты и установки . . . . .	735
14.5. Развариватели крахмалосодержащего сырья . . . . .	755
14.6. Заторные и сусловарочные аппараты . . . . .	764
14.7. Ошпариватели и бланширователи для фруктов и овощей . . . . .	773
14.8. Автоклавы, пастеризаторы и стерилизаторы. . . . .	782

<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	791
--------------------------------------	-----

<b>Глава 15. Аппараты для сушки пищевых сред</b> . . . . .	792
------------------------------------------------------------	-----

15.1. Научное обеспечение процесса сушки . . . . .	792
15.2. Классификация оборудования . . . . .	795
15.3. Шахтные и рециркуляционные зерносушилки . . . . .	796
15.4. Барабанные сушильные агрегаты . . . . .	807
15.5. Конвейерные сушилки. . . . .	813
15.6. Агрегаты с кипящим и виброкипящим слоями . . . . .	821
15.7. Распылительные сушилки . . . . .	825
15.8. Вакуум-сублимационные сушилки . . . . .	830
15.9. Микроволновые сушильные установки . . . . .	837

<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	839
--------------------------------------	-----

<b>Глава 16. Аппараты для выпечки и обжарки пищевых сред</b> . . . . .	841
------------------------------------------------------------------------	-----

16.1. Научное обеспечение процессов выпечки и обжарки пищевых сред . . . . .	841
16.2. Классификация оборудования . . . . .	843

16.3. Печи с канальным обогревом . . . . .	851
16.4. Печи с комбинированной системой обогрева . . . . .	858
16.5. Туннельные печи с канальным рециркуляционным обогревом . . . . .	861
16.6. Печи с электрообогревом . . . . .	863
16.7. Оборудование для шпарки и опаливания . . . . .	868
16.8. Обжарочные аппараты и печи для запекания . . . . .	876
16.9. СВЧ-установки для обработки сырья и полуфабрикатов . . . . .	889
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	893
<b>Глава 17. Аппараты для охлаждения и замораживания пищевых сред . . . . .</b>	<b>894</b>
17.1. Научное обеспечение процессов охлаждения и замораживания пищевых сред . . . . .	894
17.2. Классификация оборудования . . . . .	897
17.3. Охладительные установки и охладители . . . . .	899
17.4. Камеры охлаждения и замораживания . . . . .	915
17.5. Морозильные аппараты . . . . .	921
17.6. Фризеры, эскимо- и льдогенераторы . . . . .	932
17.7. Бытовые холодильники и морозильники . . . . .	945
17.8. Установки криогенного замораживания . . . . .	954
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	956
<b>Глава 18. Аппараты для проведения процессов диффузии и экстракции пищевых сред . . . . .</b>	<b>957</b>
18.1. Научное обеспечение процессов диффузии и экстракции пищевых сред . . . . .	957
18.2. Классификация оборудования . . . . .	959
18.3. Аппараты для получения диффузионного сока . . . . .	961
18.4. Установки для получения настоек и морсов . . . . .	970
18.5. Аппараты для экстракции растительного масла . . . . .	973
18.6. Аппараты для получения экстрактов из животного сырья . . . . .	982
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	985
<b>Глава 19. Оборудование для процесса ректификации спирта . . . . .</b>	<b>987</b>
19.1. Научное обеспечение процесса ректификации спирта . . . . .	987
19.2. Классификация оборудования . . . . .	989
19.3. Брагоперегонные установки . . . . .	992
19.4. Ректификационные установки . . . . .	998
19.5. Брагоректификационные установки непрерывного действия . . . . .	1004
19.6. Установки для получения абсолютного спирта . . . . .	1015
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	1017
<b>РАЗДЕЛ В. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ BIOTEХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ . . . . .</b>	<b>1019</b>
<b>Глава 20. Оборудование для солодоращения и получения ферментных препаратов . . . . .</b>	<b>1019</b>
20.1. Научное обеспечение процессов солодоращения и получения ферментных препаратов . . . . .	1019
20.2. Классификация оборудования . . . . .	1021
20.3. Солодорастильные установки . . . . .	1022
20.4. Дрожжевые и дрожжерастильные аппараты . . . . .	1037
20.5. Ферментаторы и биореакторы . . . . .	1043
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	1050



<b>Глава 21. Оборудование для спиртового брожения пищевых сред . . . . .</b>	<b>1051</b>
21.1. Научное обеспечение процесса спиртового брожения пищевых сред . . . . .	1051
21.2. Классификация оборудования . . . . .	1052
21.3. Аппараты для брожения и дображивания пива. . . . .	1054
21.4. Оборудование для сбраживания сусла при производстве спирта . . . . .	1061
21.5. Аппараты для сбраживания сусла при производстве вина . . . . .	1065
21.6. Оборудование для брожения квасного сусла . . . . .	1070
21.7. Агрегаты для брожения опары и теста . . . . .	1073
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1081</i>
<b>Глава 22. Аппараты для созревания молочных продуктов . . . . .</b>	<b>1083</b>
22.1. Научное обеспечение процесса созревания молочных продуктов . . . . .	1083
22.2. Классификация оборудования . . . . .	1086
22.3. Сливкосозреватели ванны и резервуары . . . . .	1086
22.4. Оборудование для свертывания молока и обработки сгустка . . . . .	1091
22.5. Оборудование для посолки, мойки и обсушки сыров . . . . .	1101
22.6. Оборудование для изолирования и созревания сыров . . . . .	1107
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1114</i>
<b>Глава 23. Оборудование для посола мяса и рыбы . . . . .</b>	<b>1116</b>
23.1. Научное обеспечение процесса посола . . . . .	1116
23.2. Классификация оборудования . . . . .	1118
23.3. Оборудование для посола мяса . . . . .	1118
23.4. Смесители для посола мяса . . . . .	1122
23.5. Оборудование для посола рыбы . . . . .	1127
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1130</i>
<b>Глава 24. Оборудование для созревания мяса. . . . .</b>	<b>1131</b>
24.1. Научное обеспечение процесса созревания мяса . . . . .	1131
24.2. Классификация оборудования . . . . .	1133
24.3. Машины для массирования мяса . . . . .	1133
24.4. Аппараты для созревания мяса . . . . .	1135
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1140</i>
<b>Глава 25. Оборудование для копчения мяса и рыбы . . . . .</b>	<b>1141</b>
25.1. Научное обеспечение процесса копчения . . . . .	1141
25.2. Классификация оборудования . . . . .	1143
25.3. Автокоптилки и коптильные установки . . . . .	1144
25.4. Универсальные и автоматизированные термокамеры . . . . .	1147
25.5. Термоагрегаты и дымогенераторы . . . . .	1152
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1159</i>
<b>РАЗДЕЛ Г. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УПАКОВЫВАНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ . . . . .</b>	<b>1160</b>
<b>Глава 26. Оборудование для дозирования пищевых продуктов и изделий . . . . .</b>	<b>1161</b>
26.1. Научное обеспечение процесса дозирования пищевой продукции . . . . .	1161
26.2. Классификация оборудования для дозирования пищевой продукции и изделий . . . . .	1180
26.3. Оборудование для дозирования пищевых продуктов и изделий . . . . .	1183
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1192</i>

<b>Глава 27. Машины для завертывания штучных изделий . . . . .</b>	<b>1193</b>
27.1. Научное обеспечение процесса завертывания штучных изделий . . . . .	1193
27.2. Классификация заверточных машин. . . . .	1202
27.3. Заверточные машины для штучных изделий . . . . .	1203
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1227</i>
<b>Глава 28. Оборудование для фасования сыпучих продуктов и штучных изделий . . . . .</b>	<b>1228</b>
28.1. Научное обеспечение процесса фасования сыпучих продуктов и штучных изделий . . . . .	1228
28.2. Классификация фасовочных машин для сыпучих продуктов и штучных изделий . . . . .	1233
28.3. Машины для фасования сыпучих продуктов и штучных изделий . . . . .	1233
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1253</i>
<b>Глава 29. Машины для фасования жидких и пастообразных продуктов . . . . .</b>	<b>1255</b>
29.1. Научное обеспечение процесса фасования жидких и пастообразных продуктов . . . . .	1255
29.2. Классификация машин для фасования жидких и пастообразных продуктов . . . . .	1260
29.3. Фасовочные машины для жидких и пастообразных продуктов . . . . .	1261
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1301</i>
<b>ЧАСТЬ III. МАШИНЫ И АППАРАТЫ: ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ. . . . .</b>	<b>1303</b>
<b>Глава 30. Организация технического обслуживания и ремонта машин и аппаратов . . . . .</b>	<b>1305</b>
30.1. Система технического обслуживания и ремонта оборудования . . . . .	1307
30.2. Техничко-экономическое планирование ремонтных работ . . . . .	1315
30.3. Организация ремонта машин и аппаратов будущего . . . . .	1317
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1321</i>
<b>Глава 31. Приоритетные научные проблемы и инженерные задачи развития машинных технологий пищевых продуктов. . . . .</b>	<b>1322</b>
31.1. Научно-техническая политика в области здорового питания населения России . . . . .	1322
31.2. Система научного и инженерного обеспечения пищевых производств . . . . .	1324
31.3. Научно-инновационные приоритеты пищевых отраслей АПК. . . . .	1327
31.4. Проектирование технологической линии . . . . .	1362
31.5. Конструирование машин и аппаратов . . . . .	1370
<i>Контрольные вопросы . . . . .</i>	<i>1377</i>
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>1378</b>
<b>Рекомендуемая литература . . . . .</b>	<b>1379</b>
<b>Предметный указатель. . . . .</b>	<b>1380</b>

**70-летию со дня основания  
Московского государственного  
университета пищевых производств  
и Воронежской государственной  
технологической академии  
посвящается**

*К нашему Читателю!*

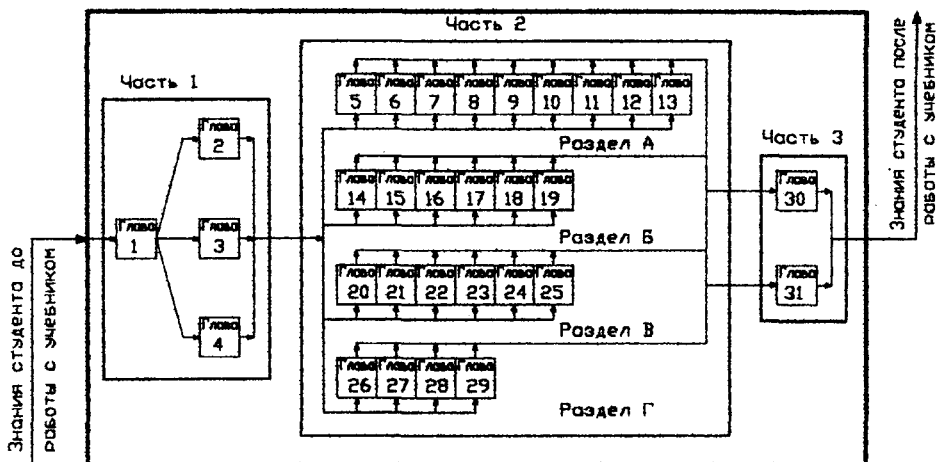
Вы взяли в руки учебник. Его объем Вас удивляет и пугает: возможно ли усвоить весь этот материал? Мы хотим Вас успокоить: заучивать не придется ничего. Наша задача — познакомить Вас с результатами работы многих поколений инженеров и развить Ваше техническое творчество.

В детстве, открывая новую книгу, Вы часто заглядывали на ее последние страницы. Вас интересовал финал, развязка. Ну что же, так поступает любознательный человек, который хочет быстрее достичь цели. Кстати, такой подход соответствует одному из принципов системного исследования сложного объекта: начать с конца, четко определить цель работы.

Посмотрите завершающую, третью, часть этого учебника. В ней две главы. Одна посвящена вопросам рациональной эксплуатации машин и аппаратов, а другая — замыслам ученых и инженеров, т.е. созданию новых технологий и новой техники. Следовательно, работая с книгой, Вы должны подойти к решению вопросов эффективного обслуживания и ремонта известного оборудования и к разработке новых конструкций, что полностью соответствует выбранной Вами инженерной специальности. Для этого, в частности, необходимо овладеть суммой знаний о современных поточных производствах пищевых продуктов (см. ч. I) и о технических решениях задач, связанных с пооперационным преобразованием исходного сырья в готовый продукт (см. ч. II).

Обращаем Ваше внимание на то, что во второй части приведены сведения об инженерных решениях близких задач в совершенно разных отраслях пищевой промышленности, что исподволь заставит Вас анализировать, сравнивать, выбирать лучшие варианты, а возможно, и предложить свое решение.

Прежде чем приступить к изучению изложенного материала, тщательно проанализируйте архитектуру учебника, его оглавление. Оно само представляет систему знаний, так как определяет соответствующие ниши машинно-аппаратурным схемам производств, технологическим процессам и конструкциям машин и аппаратов, что значительно облегчает восприятие учебного материала (см. рис.).



Система знаний в учебнике

В книге задействована идея опережающего образования. Мы хотим, чтобы Вы, познакомившись с элементами научного обеспечения процессов, разобравшись в устройстве известных конструкций, могли использовать инженерные расчеты для создания нового оборудования.

Вместе с этим массив технических знаний поможет Вам применять прогрессивные методы эксплуатации существующего оборудования.

Таким образом, учебник решает двуединую задачу: дает возможность хорошо усвоить известное и, ясно осознав цель, подойти к созданию нового.

В заключение хотелось бы сказать, что, работая над книгой, авторы всегда помнили слова нашего выдающегося физика Льва Андреевича Арцимовича, которые стали крылатыми: «Студент — это не сосуд, который надо заполнить знаниями, а факел, который нужно зажечь». Насколько нам это удалось, судить Вам.

А теперь откройте следующую страницу, прочитайте «Предисловие», «Введение» и — за работу.

Вы — наша смена, мы надеемся на Вас и желаем Вам успехов!

*Авторы*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель книги – дать панораму современного состояния и перспективу технического обеспечения технологий пищевых продуктов. Содержание учебника базируется на примате технологии перед техникой, поскольку свойства сырья и способы его преобразования в конечный продукт обуславливают конструкторские решения рабочих органов машин и аппаратов.

Следуя основному принципу системного подхода — от общего к частному, авторы сознательно перед изложением научных основ технологических процессов и подробным описанием конструкций отдельных машин и аппаратов пищевых производств дают систематизированное изложение компоновочных решений технологических линий. Такая архитектура учебника дает возможность студенту уяснить частные функции различного оборудования через функцию линии в целом.

Книга состоит из трех частей.

В *первой части* машины и аппараты рассмотрены как элементы технологических комплексов.

Во *второй части* дано описание машин и аппаратов как преобразователей исходного сельскохозяйственного сырья в пищевые продукты. Здесь каждая группа оборудования сопровождается изложением теоретических и экспериментальных знаний о сущности технологического процесса и инженерными расчетами основных технических характеристик.

В *третьей части* раскрываются особенности эффективной эксплуатации и проблемы развития машин и аппаратов, работающих в составе линий.

Благодаря проблемному изложению материала учебника у студента должны формироваться навыки научно-технического мышления, творческого применения полученных знаний в будущей инженерной деятельности. Этому в значительной мере будет способствовать то, что каждая глава завершается резюме, в котором сконцентрирована сущность рассмотренного материала. Кроме того, в конце каждой главы приведены контрольные вопросы, которые позволят преподавателю организовать практические занятия, а студенту — самостоятельную работу. Содержание первой части может быть использовано для домашних заданий, а второй — в курсовых проектах. Последнее обусловлено тем, что общие виды машин и аппаратов даны преимущественно в двух проекциях с разрезами. Поэтому студент сможет не только уяснить конструкцию, но и попытаться ее усовершенствовать.

Компоновка учебного материала по главам корреспондируется с графиком учебного процесса, а его объем и содержание полностью соответствуют курсу «Технологическое оборудование».

Учебник предназначен для студентов-механиков вузов пищевого профиля. Он может быть использован также студентами других инженерных специальностей, связанных с исследованием, проектированием, конструированием, созданием и эксплуатацией технологических комплексов пищевых производств.

Авторы надеются, что книга заинтересует научных работников, проектировщиков, конструкторов, технологов-машиностроителей и инженерно-технических работников пищевых предприятий. Кроме этих специалистов, она будет полезна слушателям ИПК и ФПК пищевых и перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса.

Материал этой книги на протяжении ряда лет обсуждался со многими коллегами профильных кафедр вузов России.

Авторы выражают признательность профессорам Е.П. Кошевому и Л.К. Николаеву за внимательное рецензирование рукописи учебника.

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач, стоящей перед пищевой промышленностью и пищевым машиностроением, является создание высокоэффективного технологического оборудования, которое на основе использования прогрессивной технологии значительно повышает производительность труда, сокращает негативное воздействие на окружающую среду и способствует экономии исходного сырья, топливно-энергетических и материальных ресурсов.

Анализ современного состояния и тенденций развития пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России свидетельствует о том, что технический уровень производств нельзя признать удовлетворительным. Лишь 19 % активной части производственных фондов предприятий соответствуют мировому уровню, около 25 % подлежат модернизации, а 42 % — замене.

Потребность в важнейших видах оборудования для предприятий удовлетворяется в последние годы только на 60...70 %. Это является следствием того, что перерабатывающая промышленность была вынуждена в течение длительного времени закупать оборудование за рубежом. В результате этого на предприятиях почти треть (27 %) всего парка технологического оборудования составляет импортная техника.

Производительность труда на российских предприятиях, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, в 2...3 раза ниже, чем на аналогичных предприятиях развитых стран; более 50 % трудоемких операций на отечественных предприятиях выполняют вручную. Лишь 8 % действующего оборудования работает в режиме автоматических линий.

Более 1/3 парка машин и оборудования отработало уже два и более амортизационных срока. Степень износа основных средств составляет 70 %.

Недостаточные темпы обновления активной части основных производственных фондов привели к тому, что удельный вес изношенного оборудования, находящегося в эксплуатации свыше 10 лет, составил в целом по пищевой промышленности 35 %, а в сахарной, масло-жировой, табачной, дрожжевой и кондитерской промышленности — 40...70 %. Обновление парка оборудования в настоящее время не превышает 3...4 % вместо необходимых 8...10 % в год.

Общий уровень механизации производства пищевых и перерабатывающих отраслей АПК не превышает 44 %.

Эти цифры свидетельствуют о том, какое огромное значение для развития пищевой промышленности России имеет плодотворная деятельность инженеров-механи-

ков. В этой деятельности важно не идти вслед, не копировать известное оборудование, а изыскивать свои пути, разрабатывать пионерские конструкторские решения машин и аппаратов.

Научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе – сложный динамический процесс. Он связан с формированием новых знаний и идей, технологическим освоением научных открытий, изобретений и результатов исследований и разработок, внедрением нововведений в виде прорывных, критически важных технологий, прогрессивной техники, новых видов сырья, полуфабрикатов, добавок, продуктов питания и непродовольственных товаров, выбором оптимальных форм организации производства и труда, а также с другими немаловажными видами научно-технической деятельности, составляющими в совокупности инновационный процесс.

Авторы рассматривают материал этого учебника как систематизированный массив прототипов техники пищевых производств завтрашнего дня.

Не умаляя роль мини-производств и малых предприятий в удовлетворении потребностей населения в продуктах питания, необходимо отметить, что будущее — за автоматизированными и автоматическими поточными линиями в составе крупных пищевых и перерабатывающих предприятий.

Известно, что автоматизация производства представляет собой комплексную конструкторско-технологическую задачу создания новой техники. Главное направление в решении этой задачи – не замена функций человека при обслуживании существующих машин и агрегатов, а разработка таких технологических процессов, которые были бы вообще невозможны при непосредственном участии человека. Поэтому в соответствии с требованиями автоматизации предусматривается переход от многостадийных процессов с системой транспортирования продуктов от одного аппарата к другому к одностадийным, от малопроизводительного оборудования к высокопроизводительному, от периодических процессов к непрерывным.

Вот почему перспективные решения по автоматизации производственных процессов должны базироваться на решении неординарных технических задач инженерами-механиками, что в свою очередь требует прогрессивных разработок инженеров-технологов.

Архитектоника учебника носит системный и проблемный характер. От краткого описания технологических свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции авторы переходят к изложению принципов организации машинных технологий и далее к рассмотрению научных основ процессов, конкретных конструкций машин и аппаратов и их расчетам как современных прообразов оборудования линий будущего.

Такой методологический подход к изложению учебного материала обусловлен тем, что на данном этапе развития пищевых и перерабатывающих отраслей не только происходит усложнение научной и инженерной деятельности, но и ее объект становится принципиально иным. Этот объект – технологическая линия в целом, включая и окружающую среду.

Именно эта мысль пронизывает все разделы учебника, который написан в русле методологии опережающего образования.



**ЧАСТЬ I**

**МАШИНЫ И АППАРАТЫ -  
СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ**

*В этой части учебника машины и аппараты рассматриваются как компоненты технологических комплексов, из которых в свою очередь состоит та или иная технологическая линия. Совокупность множества разнородных процессов в машинах и аппаратах линии в сущности есть технологическая система в виде технологического потока, имеющего свою пространственно-временную структуру. Системообразующим фактором такой системы является стабильность входных и выходных параметров процессов в машинах и аппаратах.*

*При изучении машинно-аппаратурных схем пищевых производств целесообразно не только уяснить порядок размещения оборудования в линии, но и условия эффективного функционирования соответствующего технологического потока.*

# Глава 1

## ОРГАНИЗАЦИЯ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Технологические линии пищевых и перерабатывающих отраслей АПК предназначены для преобразования сельскохозяйственного сырья в пищевую продукцию. На вход любой линии подается исходное сырье, обладающее определенными свойствами, а с линии в результате ее функционирования сходит готовая продукция с другими, новыми показателями. Для пищевых технологий характерно исключительное многообразие свойств сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов.

### 1.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ СРЕД

Условия переработки сельскохозяйственного сырья и получения продуктов питания, конструкции рабочих органов машин и аппаратов, оптимальные режимы их функционирования определяются совокупностью физико-химических и биохимических свойств пищевых сред. Можно выделить две группы свойств, общих для пищевых сред: показатели качества продуктов питания и показатели технологических свойств сырья и полуфабрикатов на всех стадиях технологического процесса.

**Показатели качества продуктов питания.** Эти показатели характеризуют потребительские свойства продуктов, основные из которых — пищевая ценность, доброкачественность и благоприятное воздействие на органы чувств человека.

Пищевая ценность определяется калорийностью и биологической полезностью продукта питания и зависит от содержания в нем полезных веществ: белков, жиров, углеводов, витаминов, микроэлементов и др.

Доброкачественность пищевой продукции — это безусловная безвредность ее при употреблении в пищу. Доброкачественность обеспечивается либо путем отбраковки негодной продукции, либо очисткой сырья и полуфабрикатов от посторонних примесей. Если по результатам лабораторных анализов установлено, что в сырье или продукции содержатся вредные вещества, например ядовитые химические соединения, болезнетворные микроорганизмы и т.п., то такое сырье или продукция подлежат отбраковке.

В любом пищевом производстве значительная часть технологических операций связана с отделением полезных веществ обрабатываемой среды от посторонних примесей, например неорганических частиц почвы, остатков скелетных структур растений и животных. Продукция признается годной, если содержание в ней посторонних примесей не превышает установленных норм.

Таблица 1.1. Классификация пищевых сред по реологическим свойствам и текстурным признакам

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсная система	Типичные реологические свойства	Типичные текстурные признаки
Вода, спирт, масло растительное	Чистая жидкость	Ньютоновская вязкость	Водянистый, жидкий
Расплавленные жиры (какао-масло)	Чистый расплав	Преимущественно ньютоновская вязкость	Жидкий, густой, маслянистый
Солевые и сахарные растворы, экстракты, пиво, напитки	Истинный раствор	То же	Жидкий, густой, слизистый
Белковые растворы, мутные фруктовые и ягодные соки	Коллоидный раствор	Ньютоновская вязкость, возможны вязкоупругость, тиксотропия	Жидкий, густой, слизистый
Суспензии (какао, фруктовые и овощные соки, супы), эмульсии (молоко, сливки, майонез)	Жидкообразная	Ньютоновская и неньютоновская вязкость, тиксотропия, вязкоупругость	Жидкий, густой, кремообразный, тягучий, клейкий
Фруктовое пюре (яблочный мусс, ореховый мусс), творог, фарш	Пастообразная	Неньютоновская вязкость, тиксотропия, реопексия, вязкоупругость	Густой, клейкий, кашеобразный, резинообразный, слизистый, тягучий
Масло животное, пенная масса, желе, тесто, йогурт, паштет, картофельное пюре	Связанная мягкая	Пластичная вязкость, обратимая и необратимая тиксотропия, упругость, вязкоупругость	Мягкий, мажущийся, скользкий, кремообразный, пастообразный, клейкий, эластичный
Мягкий хлеб, вареная колбаса, вареный картофель	Связанная полутвердая	Упругость, пластичная вязкость, вязкоупругость	Мягкий, крепкий, резинообразный, вязкий
Свежие яблоки, груши, картофель, огурцы, мясо, хлебобулочные изделия длительного хранения, шоколад, конфеты	Прочная	Упругость, пластичная вязкость, вязкоупругость	Мягкий, прочный, хрупкий, ломкий, вязкий
Карамель, зерно, ядра орехов, макаронные изделия, морковь	Твердая	Упругость, твердость, высокая текучесть и прочность, хрупкость	Крепкий, твердый, хрупкий, ломкий, стекловидный

Во время потребления пищевой продукт оказывает воздействие на основные внешние чувства человека: зрение, обоняние, осязание, слух, а также может вызывать боль.

Эстетика пищевых продуктов — это красота формы и цвета изделий, а также их художественная отделка. При визуальном восприятии жидких пищевых продуктов особое внимание обращается на их цвет и прозрачность, а продукция в виде твердых тел характеризуется геометрическими размерами, формой, блеском, эстетичностью внешнего вида и др.

Вкусовые качества продуктов питания определяются органолептическими свойствами: сладостью, свежестью, запахом, консистенцией и др. При потреблении пищевой продукт вызывает у человека следующие ощущения: мягкость и твердость, нежность и прочность, шероховатость и зернистость, сочность и хруст и т. п. Комплекс этих ощущений и обуславливает предпочтение потребителем данного пищевого продукта или отказ от него.

**Показатели технологических свойств сырья и полуфабрикатов.** При функционировании линии осуществляется последовательное выполнение технологических операций, направленных на преобразование потребительских свойств исходного сырья в потребительские свойства готовой продукции. Однако в процессе преобразования этих потребительских свойств на первый план выступают показатели технологических свойств сырья и полуфабрикатов, которые определяют условия проведения каждой конкретной технологической операции. Такими показателями прежде всего являются структурно-механические и теплофизические характеристики этих пищевых сред.

Пищевые среды (включая сырье, полуфабрикаты и продукт) в зависимости от состава, дисперсного строения и структуры обладают различными реологическими свойствами и текстурными отличительными признаками (табл. 1.1).

Образование и изменение структур пищевых сред, обусловленное технологическими процессами, приводит к формированию высококонцентрированных дисперсных систем, обладающих наиболее сложными реологическими свойствами (табл. 1.2 и 1.3).

Таблица 1.2. Типы дисперсных систем пищевых сред

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Дисперсная система
Экстракт кофе при распылительной сушке	Газ	Жидкость	Жидкий аэрозоль
Мука при пневмотранспортировании		Твердое тело	Твердый аэрозоль
Белковая пена	Жидкость	Газ	Пена
Молоко, майонез		Жидкость	Эмульсия
Какао-масса		Твердое тело	Золь
Фруктовый сок			Суспензия
Мороженос, безе, сухари	Твердое тело	Газ	Твердая пена, пористое твердое тело
Масло, маргарин, овощи, фрукты		Жидкость	Твердая эмульсия
			Пористое твердое тело, заполненное жидкостью
Макаронные изделия, шоколад		Твердое тело	Твердая суспензия

Таблица 1.3. Сложные дисперсные системы пищевых сред

Пищевая среда (сырье, полуфабрикат, продукт)	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда
Шоколад	Кристаллы сахара, твердые частицы какао, пузырьки воздуха	Кристаллическая форма какао-масла
Мороженое	Пузырьки воздуха, капельки жира, белковые макромолекулы	Кристаллическая водянистая фаза
Овощи, фрукты, картофель, зерно, масличные семена	Капельки жидкости, пузырьки воздуха, крахмальные зерна	Целлюлоза, белковая оболочка
Мякиш хлеба	Пузырьки воздуха, частично кристаллические молекулы крахмала, частицы отрубей	Крахмальный и белковый гель
Мясо	Капельки жидкостей, кости, капельки жира	Белковые макромолекулы

Реологические свойства, текстура и теплофизические характеристики пищевых сред определяют закономерности взаимосвязи и взаимозависимости между совокупностью воздействий (механических, гидромеханических, термических, биохимических, коллоидно-химических и др.) рабочих органов машин и аппаратов, составляющих линию, и реакциями на эти воздействия сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Именно эти закономерности определяют параметры технологических процессов и конструкцию рабочих органов машин и аппаратов.

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Классификация оборудования может быть проведена по различным признакам.

При формировании групп оборудования различных линий основным объединяющим признаком является общность функций, выполняемых в процессе переработки сырья или полуфабрикатов. По этому признаку можно выделить три укрупненные группы оборудования: для подготовительных операций, для основных операций переработки и обработки продукта и для выполнения отделочных и финишных операций.

По характеру воздействия на обрабатываемый продукт можно выделить оборудование для механической, тепловой или электрофизической обработки продуктов, а также группы оборудования для ведения массообменных, химических и биологических процессов.

Исходя из функционально-технологического принципа целесообразна следующая систематизация оборудования, входящего в состав линий пищевых производств и преобразующего технологический поток.

**Оборудование для ведения механических и гидромеханических процессов:**

мойки сырья (зерна, сахарной свеклы, плодов и овощей, туш животных) и тары;

очистки и сепарирования зерна (скальператоры и камнеотборники, воздушно-ситовые сепараторы и просеиватели, триеры, падди-машины, воздушные и магнитные сепараторы и т.п.);

инспекции, калибрования и сортирования плодов и овощей (инспекционные транспортеры, калибровочные и сортировочные машины и т.п.);

очистки растительного и животного сырья от наружного покрова (обочные и щеточные машины, машины для шелушения и шлифования зерновых культур, бичерушки, гребнеотделители, машины для очистки картофеля и корнеплодов, машины для отделения шелухи и плодоножек, протирачные машины, машины для снятия шкур с животных и для снятия оперения с птиц и т.п.);

измельчения пищевого сырья (вальцовые станки, дробилки, мельницы, резательные машины и свеклорезки, плющильные машины, мясорубки, волчки и куттеры, гомогенизаторы и т.п.);

сортирования и обогащения сыпучих продуктов, измельчения пищевого сырья (рассева и ситовечные машины, вымольные машины и виброцентрофугалы, энтолейторы и деташеры, дробильно-сортировочные машины и т.п.);

разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред (отстойники, центрифуги, сепараторы, фильтры и фильтрующие устройства, мембранные модули и аппараты, маслоизготовители и маслообразователи, прессы и т.п.);

смешивания пищевых сред (мешалки для жидких пищевых сред, месильные машины для высоковязких пищевых сред, машины и аппараты для образования пенообразных масс, смесители для сыпучих пищевых сред и т.п.);

формования пищевых сред (экструдеры, машины для формования штампованием, отливкой, отсадкой и прессованием, машины для нарезания пластов и заготовок из полуфабрикатов и т.п.).

### **Оборудование для ведения тепло- и массообменных процессов:**

темперирования и повышения концентрации пищевых сред (аппараты для темперирования и повышения концентрации пищевых сред, выпарные аппараты и установки, развариватели крахмалосодержащего сырья фруктов и овощей, заторные и сусловарочные аппараты, ошпариватели и бланширователи для фруктов и овощей, автоклавы, пастеризаторы и стерилизаторы и т.п.);

сушки пищевого сырья (шахтные и рециркуляционные зерносушилки, вращающиеся барабанные сушильные агрегаты, паровые конвейерные сушилки, сушильные установки с кипящим и фонтанирующим слоями, распылительные сушилки, сублимационные и вакуумные сушилки, СВЧ- и ТВЧ-сушилки и т.п.);

выпечки и обжарки (канальные печи с рециркуляцией продуктов сгорания, печи с пароводяным, паровым и комбинированным обогревом, печи со сжиганием газа в пекарной камере и с электрообогревом, жаровни и обжарочные аппараты, оборудование для шпарки и опаливания, аппараты для варки и запекания, СВЧ-установки и т.п.);

охлаждения и замораживания пищевых сред (охладители-дозаторы и желатинизаторы, камеры охлаждения и морозильные аппараты, фризеры и льдогенераторы, устройства для замораживания в азоте);

ведения процессов диффузии и экстракции (ленточные, колонные и шнековые экстракторы, установки для получения диффузионного сока, аппараты для экстракции настоек, морсов, бульонов и желатина и т.п.);

ректификации спирта (брагоперегонные и ректификационные установки, брагоректификационные установки непрерывного действия, установки для получения абсолютного спирта).

#### **Оборудование для ведения биотехнологических процессов:**

солодоращения и получения ферментных препаратов (солодорастильные установки, дрожжевые и дрожжерастильные аппараты, ферментаторы и биореакторы и т.п.);

спиртового брожения (аппараты для брожения и дображивания пива, оборудование для сбраживания сусла в производстве спирта и вина, для брожения кислого сусла, агрегаты для брожения опары и теста);

созревания молока, сливок и сыра (сливкосозревательные ванны и танки, оборудование для свертывания молока и обработки сгустка, для посолки и мойки сыра и т.п.);

посола мяса и рыбы (смесители для посола мяса, комплексы оборудования для приготовления мясного фарша, оборудование для посола рыбы и т.п.);

созревания мяса (машины для массирования мяса, унифицированные напольные тележки, механизированные стеллажи и т.п.);

копчения мяса и рыбы (автокопилки и коптильные установки, универсальные и автоматизированные термокамеры, термоагрегаты и дымогенераторы и т.п.).

#### **Оборудование для упаковывания пищевой продукции:**

оборудование для дозирования пищевых продуктов и изделий;

машины для завертывания штучных изделий (карамели, конфет и ириса с двусторонней перекруткой концов этикетки; карамели и конфет с заделкой концов этикетки «в уголок»; шоколадных плиток в конверт и др.);

машины для группового завертывания изделий (для предварительной укладки таблеток, кусков сахара, печенья, вафель в пачки и завертки их в этикетку, подвертку, целлофан или полиэтиленовую пленку);

оборудование для фасования сыпучих продуктов и штучных изделий (муки, какао-порошка, сахара-песка, сушек, пряников, печенья, карамели, замороженных овощей, плодов и фруктов, пищевых концентратов и других изделий с последующей их упаковкой в коробки, этикетки, целлофан или полиэтиленовую пленку);

машины для фасования жидких и пастообразных продуктов, плодоовощных и мясных консервов (молока и молочных продуктов; винно-водочных и пивобезалкогольных напитков, соков, паст, консервов и других продуктов в стеклянные или пластмассовые банки и бутылки, бумажные пакеты, пластмассовую пленку и др.);

машины для герметизации тары с пищевыми продуктами (укупорочные машины для герметизации стеклянных банок; закаточные машины для герметизации жестяных, алюминиевых и стеклянных банок; укупорочные машины для бутылок обкаточного ударно-забивного и ударно-обжимного действия).

Таким образом, оборудование пищевых производств чрезвычайно разнообразно по назначению и конструкторским решениям технологических задач. Необходимо подчеркнуть, что все это разнообразие машин и аппаратов определяется, с одной стороны, многообразием технологических свойств сельскохозяйственного сырья растительного и животного происхождения, а с другой — многообразием потребительских свойств готовых продуктов.



### 1.3. ЛИНИЯ КАК ОБЪЕКТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Пищевые технологии представляют собой системы знаний о способах воздействия различными орудиями труда на сырье, материалы и полуфабрикаты. Для получения каждого вида продуктов питания применяют свою совокупность методов обработки сырья, материалов или полуфабрикатов. Основу пищевых технологий составляют специфические технологические операции как совокупности типовых процессов.

**Технологическая операция.** Часть большого производственного процесса, выполняющая действия по изменению и последующей фиксации состояния обрабатываемой среды, называется технологической операцией.

**Типовые процессы.** В пищевых технологиях можно выделить тринадцать типовых процессов обработки сред: соединение без сохранения поверхности раздела (смешивание сред); соединение с сохранением поверхности раздела (образование слоя); разделение на фракции; измельчение; сложный процесс преобразования (комплекс физических, химических и микробиологических процессов); дозирование; формообразование; ориентирование (в частности, предметов); термостатирование (поддержание постоянной температуры); нагревание; охлаждение; изменение агрегатного состояния; хранение.

Каждый из перечисленных типовых процессов может быть частью или целым технологической операцией, границы которой, как правило, совпадают с границами конкретной машины или аппарата. Объединение как минимум двух технологических операций обеспечивает образование технологической подсистемы, соответствующей определенному комплексу технологического оборудования (агрегату, установке) или набору оборудования в границах производственного участка.

**Технологическая система.** Объединив несколько подсистем, реализующих все стадии переработки сырья и выпуска готовой продукции, можно сформировать технологическую систему в целом. Такая система соответствует всей совокупности оборудования, входящего в состав технологической линии.

Формирование технологической системы новой линии связано с комплексным решением задач технического прогресса в данной области пищевой технологии, направленных на увеличение производительности труда и экономии материальных и энергетических ресурсов при одновременном повышении качества выпускаемой продукции.

Изучая вопросы организации технологических линий, целесообразно рассмотреть их классификацию по функциональным признакам, характеризующим строение и принцип действия этих линий.

**Линии для производства пищевых продуктов путем разборки сельскохозяйственного сырья на компоненты.** Такими линиями оснащены предприятия по обработке и переработке сырья: зерна, масличных семян (подсолнечника, хлопка и др.), сахарной свеклы, картофеля, плодов и овощей, винограда, а также скота, птицы, рыбы, молока и др.

Все виды животного и растительного сырья обладают сложной многокомпонентной структурой, а также содержат различные примеси, поэтому основными способами обработки и переработки являются очистка и разборка исходного сырья. В линиях для первичной переработки сырья технологический процесс направлен в основном на разделение пищевых сред. Номенклатура продукции является, как правило, многопредметной, зависит от числа полезных компонентов, содержащихся в сырье.

При этом если даже основная продукция линии однопредметная (сахар, масло), то побочные непищевые продукты обычно обладают полезными потребительскими свойствами (жом, жмых, патока и др.) и находят применение в сельскохозяйственном производстве или смежных отраслях пищевой промышленности.

Текстура продукции, выпускаемой на линиях для первичной переработки сырья, представляет собой твердые сыпучие среды, жидкости и жидкообразные массы или составные части туш животных. Если эта продукция предназначена для реализации через торговые организации, то ее упаковывают малыми дозами в мягкую или твердую тару (пакеты, коробки, банки, бутылки и т. п.); если направляется на дальнейшую переработку, то ею заполняют цистерны или контейнеры специального транспорта и крупногабаритную тару в виде мешков, бидонов, бочек, бутылей и т. п.

**Линии для производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья.** Технологические линии вторичной переработки сырья предназначены для производства колбасных, хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, пищевконцентратной, ликероводочной и пивобезалкогольной продукции, мясных и плодоовощных консервов, майонеза, парфюмерно-косметических изделий и др. На переработку сырье поступает в виде однородных (по составу, размерам, текстуре) пищевых сред: твердых сыпучих, жидких или жидкообразных.

В линиях для вторичной переработки сырья в ходе технологического процесса в основном выполняется сборка сырья, чтобы образовать многокомпонентные пищевые среды. Главные операции сборки — дозирование и смешивание рецептурных компонентов, а также их формование и упаковка.

Текстура продукции линий для вторичной переработки сырья представляет собой твердые сыпучие среды, жидкости и жидкообразные массы, а также твердые штучные изделия. При производстве последних ведущую роль играют процессы формообразования этих изделий. Номенклатура продукции таких линий в течение технологического цикла обычно однопредметная. Только в конструкциях некоторых линий предусмотрена возможность одновременного выпуска изделий, различных по составу и внешнему виду. Например, в линиях производства конфет «Ассорти» одновременно вырабатывают набор конфет с различными начинками и формой.

Линии вторичной переработки сырья, как правило, универсальны и после соответствующей переналадки на них можно изготавливать широкий ассортимент изделий, различающихся между собой по составу и форме.

Продукция, выпускаемая на линиях вторичной переработки сырья, в основном предназначена для реализации населению. Поэтому значительное место в составе линии занимает оборудование для выполнения финишных операций дозирования и упаковки жидких, сыпучих, пастообразных или штучных продуктов.

**Линии для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья.** Некоторые технологические линии предназначены для комбинированной переработки сырья. Например, в линии производства шоколада какао-бобы подвергаются первичной переработке с отделением посторонних примесей и наружной оболочки — какаофеллы и получением какао тертого и какао-масла. В качестве остальных рецептурных компонентов используют сахар-песок, молоко и др. На последующих стадиях технологического

процесса выполняют операции соединения и формования с образованием многокомпонентной продукции — шоколадных изделий. Аналогично при производстве халвы первичной переработке подвергаются масличные семена подсолнечника или кунжута, применяют также вторичное сырье: сахар-песок, патоку, пенообразователи и др.

**Системы машин в перерабатывающих отраслях АПК.** В агропромышленном комплексе разработано около 30 систем машин для следующих перерабатывающих отраслей: молочной, первичной переработки скота, производства колбасных изделий, птицеперерабатывающей, масложировой, сахарной, кондитерской, консервной, картофелеперерабатывающей, крахмалопаточной, чайной, винодельческой, пивобезалкогольной, спиртовой и ликероводочной, эфиромасличной, дрожжевой, хлебопекарной, макаронной, мельнично-элеваторной, рыбоперерабатывающей, табачной, тарной, соляной, парфюмерно-косметической, холодильной для мясной и молочной отраслей.

В каждой системе машин технологические линии распределены по конкретным отраслевым подвидам выпускаемой продукции. Например, в системе машин для масложировой промышленности технологические линии разделены на следующие группы: для производства растительного масла, гидротации и рафинации масел и жиров, переэтерификации жиров, для выпуска маргариновой продукции, майонеза, получения заменителей какао-масла, производства жирных кислот, мыла, растительных белков.

В каждой из этих групп линии разделены по номенклатуре выпускаемой продукции и производительности. Например, различают следующие виды линий для выработки маргариновой продукции: линия непрерывного производства наливного маргарина с оборудованием для изготовления упаковочной тары из поливинилхлорида производительностью 5 т/ч, линия выработки маргарина и кулинарных жиров в пачках по 250 г производительностью 2,5 т/ч, линия получения маргарина и кулинарных жиров в крупноблочной фасовке производительностью 2,5 т/ч, линия выработки маргарина в крупноблочной фасовке производительностью 5 т/ч, линия изготовления фасованного в пачки по 250 г маргарина производительностью 5 т/ч.

Таким образом, в зависимости от целей и задач инженерной деятельности используют различные классификационные признаки, в частности классификацию линий по видам выпускаемых изделий и производительности, которая и положена в основу отраслевых систем машин.

На основании функционального анализа различных технологических операций, выполняемых с целью преобразования потребительских свойств исходного сырья сначала в свойства определенных полуфабрикатов, а затем в потребительские свойства готовой продукции, в составе любой линии можно выделить три основных комплекса оборудования, начиная с конца линии:

*А* — для изготовления готовой продукции из окончательного полуфабриката;

*В* — для получения окончательного полуфабриката из промежуточных полуфабрикатов;

*С* — для образования промежуточных полуфабрикатов из исходного сырья.

Такое группирование оборудования линии обусловлено различием и особенностями функциональных задач машин и аппаратов, входящих в состав соответствующей группы.

**Отличительные особенности комплексов *A*, *B* и *C*.** При функционировании комплекса *A* нормативные значения потребительских свойств готовой продукции получаются в результате преобразования окончательного полуфабриката, имеющего определенные технологические свойства. Отличительная особенность окончательного полуфабриката — это то, что его состав и строение соответствуют только одному конкретному наименованию готовой продукции. Поэтому каждому комплексу *A* в составе линии должен предшествовать комплекс *B*, обеспечивающий получение окончательного полуфабриката из промежуточных полуфабрикатов.

Комплекс *B* — наиболее ответственная (центральная) подсистема любой технологической линии. При всем многообразии свойств промежуточных полуфабрикатов с помощью оборудования комплекса *B* должен образоваться окончательный полуфабрикат, строение и состав которого не подлежат в дальнейшем пересмотру или корректировке. Если показатели свойств окончательного полуфабриката изменяются в пределах более допустимых, то получают либо дефектную продукцию, либо продукцию другого наименования. В обоих случаях цель функционирования линии не будет достигнута.

Комплекс *C* предназначен для подготовки исходного сырья к переработке, а также для такого преобразования потребительских свойств сырья, чтобы обеспечить эффективное извлечение полезных веществ и оптимальные условия для получения требуемого состава и строения промежуточных полуфабрикатов.

Важная задача функционирования линии первичной переработки сырья — рациональное использование всех полезных веществ, содержащихся в нем, а не только тех из них, которые предусмотрены рецептурой на основную продукцию. Оборудование линии должно быть таким, чтобы на нем можно было осуществлять безотходную технологию, при которой отходы производства, содержащие полезные вещества, подвергались дополнительной обработке с целью сохранения их полезных свойств, обеспечения возможности транспортирования и использования.

Например, в свеклосахарном производстве жом можно применять в качестве вторичного сырья для изготовления пектина и пектинового клея, а также непосредственно скармливать скоту; из жомовой воды получают кальциевые соли; меласса может быть вторичным сырьем для получения глицерина, дрожжей, лимонной кислоты, спирта, молочной кислоты, ацетона, бутанола, масляной кислоты; фильтрационный осадок можно направлять в сельское хозяйство как удобрение.

Другой пример рациональной переработки животного сырья — создание комплексов оборудования, обеспечивающих безотходную технологию переработки крупного рогатого скота и свиней путем комплексной переработки крови, кости и жира для пищевых целей, получения животных кормов из отходов, обработки и консервирования кожевенного и шубно-мехового сырья и др.

В состав линий следует включать также группу оборудования для утилизации и обезвреживания отходов производства, не имеющих полезного применения. Экологическая безопасность — одно из обязательных условий современного производства.

Число комплексов в составе линии и конкретные задачи их функционирования зависят от способа преобразования исходного сырья и вида выпускаемой продукции. При переработке сырья методом разборки в состав линии вводят обычно один комплекс *C*, а число комплексов *A* и *B* равно числу видов выпускаемой готовой продукции, включая вторичное сырье, направляемое на другие предприятия. В линиях,

предназначенных для выпуска готовой продукции методом сборки исходного сырья, как правило, имеется по одному комплексу  $A$  и  $B$ , а число комплексов  $C$  зависит от числа промежуточных полуфабрикатов, из которых необходимо собрать окончательный полуфабрикат.

**Функционально-технологические задачи комплекса  $C$ .** В технологических линиях переработки первичного сырья *методом разборки* наибольшее число задач решают с помощью оборудования, входящего в состав комплекса  $C$ . Начальный этап технологического процесса связан с необходимостью очистки исходного сырья от внешних примесей: загрязнений наружной поверхности сырья, семян сорняков, пыли, песка, камней и др.

Если загрязнения соединены с наружной поверхностью сырья достаточно прочно, то сырье должно подвергаться предварительной мойке в водных растворах в сочетании с механическим, гидродинамическим и тепловым воздействием. Когда примеси не имеют прочной связи с наружной поверхностью сырья, то необходима его очистка в воздушной или водной среде путем использования различия физических свойств сырья и его примесей: геометрических размеров, плотности, шероховатости поверхности, электромагнитных характеристик и др.

Полезные вещества, содержащиеся в первичном сырье, образуются в результате жизнедеятельности растительных и животных организмов в условиях сельскохозяйственного производства или естественной природной среды (лесные растения, дикие животные, рыба и др.). Наряду с этим имеются пищевые производства, в которых полезные вещества создаются в искусственных условиях. В частности, полезные вещества получают в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, например при брожении. Поэтому в состав линии бродильных производств включают группы оборудования, в котором обеспечивается жизнедеятельность следующих микроорганизмов: дрожжей в линиях выработки пива, вина, кваса, этилового спирта, хлебопекарных и кормовых дрожжей; бактерий в линиях получения молочной, уксусной и масляной кислот; плесневых грибов в линиях изготовления лимонной, глюконовой, итаконовой, фумаровой кислот, ферментов, витаминов и антибиотиков.

При переработке сельскохозяйственного сырья методом разборки полезные вещества обычно находятся во внутриклеточном пространстве различных частей животных и растительных организмов, их плодов или семян, имеющих наружную защитную оболочку. Поэтому в число задач, решаемых с помощью оборудования комплекса  $C$ , входит разрушение внешней структуры сырья: его наружного покрова и оболочек с получением неоднородных грубоизмельченных смесей. Следующая группа задач связана с разрушением внутренней структуры сырья: его скелетных структур, клетчатки, оболочек растительных клеток, соединительных тканей животного сырья и др.

Внешнюю и внутреннюю структуры можно разрушать с помощью механических процессов резания, дробления и измельчения в сочетании с термической, гидравлической, химической или биохимической обработкой сырья.

Задачи извлечения полезных веществ из сырья связаны с разделением полезных веществ и внутренних примесей. К таким примесям относятся составные части первичного сырья, которые не содержат полезных веществ, предусмотренных рецептурой на готовую продукцию: наружная оболочка, скелетная структура, клетчатка, вода и др.

На разделение поступают неоднородные смеси твердых и жидких компонентов сырья: сыпучие вещества, эмульсии, суспензии, сложные гетерогенные структуры. Составные части этих смесей имеют различные физико-механические свойства, обусловленные фазовым состоянием, геометрическими размерами, плотностью, шероховатостью поверхности, температурами плавления и кипения, электромагнитными характеристиками и др. Благодаря этим различиям возникает возможность разделить неоднородные вещества на жидкие и твердые, газообразные и жидкие (или твердые), тяжелые и легкие, крупные и мелкие, длинные и короткие, легко- и тугоплавкие, магнитные и немагнитные материалы и т.д.

Характерная особенность оборудования, входящего в состав комплекса *C*, — это то, что в результате его функционирования преобразуется структура исходного сырья. При этом получают промежуточные полуфабрикаты, технологические свойства которых обеспечивают эффективное извлечение из сырья полезных веществ и удаление посторонних примесей.

При извлечении полезных веществ или удалении посторонних примесей можно широко использовать массообменные процессы, связанные с конвекцией, диффузией, осаждением, фильтрацией, экстракцией, ректификацией и др. Процессы можно интенсифицировать путем прессования, вакуумирования, центрифугирования, вибрации, нагревания, охлаждения и других воздействий на перерабатываемые продукты.

Если в естественных условиях составные части смесей не обладают различными физическими свойствами, то такие различия создают искусственно посредством дополнительного воздействия на смеси. Например, при очистке диффузионного сока сахарной свеклы органические кислоты удаляют при помощи известкового раствора и диоксида углерода.

На технологических линиях для выпуска готовой продукции *методом сборки*, как правило, перерабатывают вторичное сырье, т.е. компоненты сельскохозяйственной продукции, полученные в результате функционирования линий для первичной переработки сырья. Во вторичном сырье внешние и внутренние примеси натурального сырья практически не содержатся. Но в число задач функционирования оборудования комплекса *C* входит очистка сырья и полуфабрикатов от технологических примесей.

Технологические примеси могут образовываться в результате хранения и транспортирования вторичного сырья, пригорания или разложения обрабатываемых рецептурных компонентов, случайного попадания в продукт инородных тел при обслуживании и ремонте оборудования, а также из-за его износа.

Задачи функционирования комплекса *C* — подготовка исходных компонентов путем их измельчения, сортирования, нагревания, охлаждения, плавления или растворения, а также предварительного смешивания в соответствии с рецептурой. На следующем этапе производства сборной продукции перед оборудованием комплекса *C* обычно стоят задачи более тонкого измельчения — диспергирования и равномерного распределения (гомогенизации) компонентов, образующих промежуточные полуфабрикаты. Для решения этих задач, в частности, жидкие смеси можно обрабатывать в эмульсаторах и гомогенизаторах, а для обработки смесей, содержащих твердые компоненты, можно применять куттера, валковые, дисковые, штифовые или шаровые мельницы и другие виды измельчающих устройств. Благодаря диспергированию и гомогенизации рецептурных смесей возникают новые полезные

свойства пищевой среды. Во-первых, улучшаются вкусовые достоинства пищевой продукции: полезные вещества приобретают дисперсную структуру более благоприятную для усвоения организмом человека, высвобождаются приятные ароматические вещества и, наоборот, удаляются их неблагоприятные составляющие. Во-вторых, для тонкоизмельченных смесей характерна большая площадь поверхности раздела фаз, от которой зависят последующие процессы формирования и фиксации структуры продукции.

**Функционально-технологические задачи комплекса В.** После извлечения и очистки полезных веществ задачи их дальнейшей переработки — получение окончательного полуфабриката в результате функционирования комплекса В. Промежуточные полуфабрикаты, поступающие в комплекс В, вначале должны подвергаться обработке с целью повышения концентрации полезных веществ путем выпаривания влаги, промывания водой или растворителями, ректификации и других воздействий. Следующая группа задач связана с окончательной очисткой полезных веществ: сепарированием, рафинированием, фильтрацией и др.

Особенностью задач, которые должны быть решены в процессе функционирования комплекса В, является то, что из полезных веществ, извлеченных из натурального первичного сырья, необходимо образовать новый искусственный состав и структуру готовой продукции.

При выработке жидкой продукции задача завершающих операций, выполняемых на оборудовании комплекса В, заключается в улучшении вкусовых достоинств, аромата, цветности, прозрачности и других свойств путем дображивания, созревания, выдержки и др.

При выпуске продукции в виде твердых частиц или тел завершающие операции комплекса В связаны с образованием пространственной структуры продукции с заданными геометрическими размерами, шероховатостью поверхности и другими характеристиками формы. Решение этих задач обычно реализуется в результате процессов кристаллизации, уплотнения (сбивания), обезвоживания, шлифования, обкатки и др.

При производстве продукции, содержащей в пространственной структуре пузырьки воздуха, задача оборудования комплекса В — насыщение промежуточного полуфабриката воздухом. Это может достигаться либо в результате механического процесса взбивания рецептурной смеси путем обработки месильной лопастью или нагнетания воздуха в объем смеси под давлением. Широко применяют также способы образования газовой фазы в результате жизнедеятельности дрожжей (брожение) либо химических рыхлителей, вводимых в объем смеси: двууглекислой соды, карбоната аммония и др.

Формирование пространственной структуры пищевых продуктов может быть связано с проведением химических реакций. Например, в результате обработки растительных масел водородом в присутствии катализаторов жидкая структура масла преобразуется в твердообразную структуру саломасса.

После диспергирования и гомогенизации рецептурных компонентов, входящих в состав промежуточных полуфабрикатов, а также формирования пространственной структуры этих полуфабрикатов получение окончательного полуфабриката — задача функционирования комплекса В. Сложность функционирования этого комплекса оборудования связана с необходимостью соединения разнородных по составу и строению промежуточных полуфабрикатов в единый окончательный полуфабрикат.

При этом различные технологические свойства промежуточных полуфабрикатов должны быть преобразованы в ограниченный комплекс технологических свойств окончательного полуфабриката, гарантирующий выпуск готовой продукции с нормативными показателями потребительских свойств.

Получение окончательного полуфабриката часто связано с формированием штучных пространственных тел заготовок продукции, в которых промежуточные полуфабрикаты должны соединяться между собой с определенной пространственной ориентацией и сохранением поверхности раздела. Таким образом, необходимо сформировать пространственные конструкции, отвечающие требованиям определенных массовых, геометрических и прочностных характеристик, а также соответствовать нормам эстетического восприятия формы и поверхности будущих готовых изделий.

В связи с этим в число задач функционирования оборудования комплекса *B* наряду с дозированием промежуточных полуфабрикатов входит соединение этих полуфабрикатов в сводную (рабочую) смесь, вымешивание и гомогенизация сводной смеси, создание условий для обеспечения однородности структурно-механических свойств сводной смеси (путем темперирования, отлежки, выдержки и т.п.), деление сводной смеси на дискретные порции или заготовки (путем резания, выдавливания, дозирования и др.), формование дискретных порций и заготовок (путем отливки, штампования, прессования, выдавливания, обкатки, прокатки, намазки и др.).

**Функционально-технологические задачи комплекса *A*.** Основные задачи функционирования комплекса *A*, входящего в состав линии для переработки первичного сырья *методом разборки*, связаны с доводкой показателей свойств, состава и строения окончательного полуфабриката до нормативных показателей свойств готовой продукции, а также с обработкой и защитой продукции, обеспечивающих ее сохранность при транспортировании, хранении и потреблении. К числу этих задач относится тепловая обработка продукции с целью подготовки ее к употреблению в пищу, а также для пастеризации, стерилизации.

Фиксацию пространственной структуры продуктов первичной переработки сырья можно осуществить кристаллизацией, студнеобразованием или обезвоживанием с одновременным температурным воздействием: нагреванием или охлаждением. Решение этих задач обеспечивается при функционировании оборудования для сушки, обжарки, замораживания и охлаждения сырья и полуфабрикатов. Другая группа задач связана с мойкой и тепловой обработкой тары.

Значительное место в составе комплекса *A* занимают группы оборудования для выполнения финишных операций: дозирования продуктов мелкими и крупными дозами, фасования жидкой продукции в бутылки, пакеты, бидоны или цистерны, твердой сыпучей продукции в пакеты, ящики, мешки или цистерны и др.

Основные задачи функционирования комплекса *A*, входящего в состав линии для выпуска продукции *методом сборки* исходного сырья, совпадают с задачами аналогичного комплекса, включенного в линию для переработки первичного сырья *методом разборки*. Однако задачи, связанные с сохранением и упаковыванием сборной продукции, очень разнообразны.



Сохранение пищевой продукции преимущественно обусловлено взаимосвязанными методами: защитой наружной поверхности продукта от воздействия внешней среды и консервированием внутренней структуры продукции. Сущность этих методов зависит от состава, строения и продолжительности установленного срока хранения продукта, а также от характера воздействий, нарушающих его сохранность.

Вредные воздействия окружающей среды на наружную поверхность продукта могут вызвать, например, его высыхание или увлажнение; разложение веществ под воздействием кислорода воздуха или света; попадание посторонних примесей в виде пыли, ароматических веществ, микроорганизмов и др.; механические повреждения изделий и другие дефекты.

Консервирование пищевых продуктов проводят с целью замедления или прекращения жизнедеятельности микроорганизмов, а также инактивации ферментов, содержащихся в этих продуктах. Задачи консервирования можно решать, используя четыре основные группы методов:

физические — тепловая обработка: пастеризация с нагревом до 100 °С, стерилизация с нагревом до 100 °С и выше, выпечка, обжарка и сушка, а также охлаждение и замораживание;

химические — введение в состав продукта химических консервантов: сахара, пищевой соли, этилового спирта, уксусной, сорбиновой или сернистой кислот;

микробиологические — молочно-кислое и спиртовое брожение, например, при производстве кисло-молочных продуктов, сыров, вина, пива, кваса, заквашенных и моченых овощей и плодов;

комбинированные — сочетание физических, химических и микробиологических способов, например, копчение и вяление мясной и рыбной продукции, квашение, вымачивание и сушка плодовоовощной продукции с применением соли или сахара и др.

Выбор способа упаковки готовой продукции зависит от ее структурно-механических свойств. Твердые сыпучие или штучные продукты можно покрывать более прочной и стойкой к внешним воздействиям наружной оболочкой (съедобной или несъедобной): шоколадной или сахарной глазурью, хлебной корочкой, колбасной оболочкой и т.п. Затем такие изделия поштучно или группами можно заворачивать или фасовать в мягкие или жесткие тароупаковочные материалы, изготовленные из бумаги, картона или пластических масс.

Пищевые продукты, в составе которых имеется жидкая фаза, следует упаковывать в твердую или мягкую герметичную тару: стеклянные, жестяные, бумажные, пластмассовые бутылки, банки или пакеты. Причем продукты, подлежащие длительному хранению, после упаковки в жесткую стеклянную или жестяную тару необходимо подвергать длительной высокотемпературной обработке.

В заключение необходимо отметить, что при проектировании новой линии или модернизации существующей решающим фактором является прогрессивная технология. Поэтому линии, как правило, создают на основе заранее отработанных технологических процессов для каждого производственного комплекса.

#### 1.4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛИНИИ

Основная мера функциональной полезности и эффективности линии — ее производительность, а гарантия достижения высокой эксплуатационной производительности — надежность конструкции линии.

Под производительностью технологической линии понимают способность ее перерабатывать или выпускать то или иное количество продукции за определенный промежуток времени. В продовольственном машиностроении различают три вида производительности: техническую  $\Pi$ , теоретическую  $\Pi_T$  и эксплуатационную  $\Pi_э$ .

**Техническая производительность.** Она характеризует технические возможности линии, обусловленные технологическим процессом и конструкцией оборудования. При определении технической производительности принимают в расчет количество переработанной или выпущенной продукции, длительность непосредственной работы оборудования, а также дополнительные затраты сырья и рабочего времени, необходимые для успешного функционирования оборудования. Дополнительные затраты зависят от конструктивных особенностей оборудования, они предусмотрены технической документацией и учитывают наличие регламентированных возвратных отходов, дефектной продукции и потерь сырья, а также необходимость дополнительных затрат времени на выполнение вспомогательных операций и обслуживание оборудования.

Техническая производительность — главный технико-экономический показатель продовольственного оборудования. По значению этого показателя прежде всего решают вопрос, можно ли использовать конкретную конструкцию в составе проектируемой линии. При создании новой линии значение технической производительности устанавливает заказчик и она указывается в исходных требованиях и техническом задании. По значению этой производительности при проектировании линии необходимо рассчитать теоретическую производительность как линии в целом, так и ее составных частей.

**Теоретическая производительность.** Ее рассчитывают по количеству переработанной или выпущенной продукции за период непосредственной работы оборудования без учета дополнительных затрат сырья и рабочего времени. Теоретическая производительность — важнейшая характеристика любой конструкции. Именно по ней выполняют кинематический и тепловой расчеты, определяют скорости движения рабочих органов, деталей, хладо- и теплоносителей, вычисляют потребляемую мощность, нагрузки, рабочие объемы, габаритные размеры и многие другие параметры оборудования. Поэтому в процессе разработки линии важно проанализировать взаимосвязь между заданной технической производительностью и проектируемой, теоретической производительностью.

Эту взаимосвязь характеризуют коэффициентом использования  $K_n$  теоретической производительности:

$$\Pi = \Pi_T K_n.$$

Согласно вышеизложенным определениям, теоретическую и техническую производительность можно представить в виде следующих зависимостей:

$$\Pi_T = M_n / T_n ,$$

$$\Pi = \left( M_n - \sum_{i=1}^n M_i \right) / \left( T_n + \sum_{j=1}^m T_j \right),$$

где  $M_n$  — номинальное (заданное) количество продукции, подлежащее переработке или выпуску;  $T_n$  — номинальная (заданная) продолжительность непосредственной

работы линии;  $\sum_{i=1}^n M_i = M_1 + M_2 + \dots + M_n$  — сумма регламентированных потерь 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го компонентов сырья и материалов, составляющих продукцию;  $\sum_{j=1}^m T_j = T_1 + T_2 + \dots + T_m$  — сумма дополнительных затрат времени 1-го, 2-го, ...,  $m$ -го этапов технологического процесса, где выполняются дополнительные операции и обслуживание оборудования.

Каждое отдельное значение потерь и дополнительных затрат времени можно выразить в долях номинальных значений  $M_n$  и  $T_n$ , тогда предыдущая формула приобретает вид:

$$\Pi = M_n \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_i \right) / T_n \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_j \right),$$

где  $\sum_{i=1}^n \mu_i = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n$  — сумма долей регламентированных потерь 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го компонентов сырья и материалов относительно величины  $M_n$ ;  $\sum_{j=1}^m \tau_j = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_m$  — сумма долей дополнительных регламентированных затрат времени 1-го, 2-го, ...,  $m$ -го этапов технологического процесса относительно величины  $T_n$ .

Тогда согласно первой формуле величину  $K_u$  можно определить из выражения

$$K_u = \Pi / \Pi_\tau = \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_i \right) / \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_j \right).$$

Соответственно вторую формулу можно преобразовать в более удобный для ее анализа вид:

$$\Pi_\tau = \Pi \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_j \right) / \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_i \right).$$

Из этой формулы видно, что значения теоретической и технической производительности совпадают только при одном условии — полном отсутствии регламентированных потерь сырья и дополнительных затрат рабочего времени. При увеличении этих потерь и затрат для обеспечения заданной технической производительности необходимо проектировать линию с повышенной теоретической производительностью. Для этого требуется увеличить интенсивность обработки продукта, скорости и размеры рабочих органов, поверхность теплообмена и др. В конечном счете при постоянном значении технической производительности приходится увеличивать габаритные размеры и материалоемкость, потребление электроэнергии, хладо- и теплоносителей, производственные площади и расход сырья. Таким образом снижаются практически все технико-экономические показатели линии.

Напротив, если при проектировании удастся свести к минимуму регламентированные потери сырья и дополнительные затраты рабочего времени, то значение коэффициента использования теоретической производительности приближается к единице, а значения технико-экономических показателей линии повышаются.

Можно выделить две основные группы способов уменьшения регламентированных потерь сырья и дополнительных затрат рабочего времени: проектно-конструкторские и организационные.

Основные виды потерь сырья: неполное извлечение полезных компонентов при первичной его переработке, производственные потери и дефектная продукция.

При проектировании и конструировании линии необходимо выбирать технологические операции и конструкции, которые обеспечивают подготовку и обработку сырья, необходимые для высокой степени извлечения полезных компонентов. Например, в линиях получения растительного масла единственный способ, обеспечивающий практически полное извлечение масла, — это экстракция; в линиях производства сахара и крахмала для повышения выхода конечных продуктов необходимо эффективно выполнять соответственно операции резки свекловичной стружки и измельчения каши.

Для сокращения потерь сырья необходимо:

— обеспечить герметичность транспортных устройств, чтобы исключить распыл сыпучих или утечку жидких продуктов;

— выбрать способы и конструкции для формования изделий с исключением обрезков и облоя;

— выполнить конструкции с возможной самоочисткой рабочих органов и емкостей;

— исключить загрязнение отходов и смывных вод с целью их повторного использования в производстве;

— отработать режим пуска и остановки линии, чтобы сократить количество дефектной продукции при неустановившемся режиме работы.

Организационные методы уменьшения потерь сырья — это, например, сокращение сроков переработки первичного сырья, увеличение продолжительности непрерывной работы оборудования (включая круглосуточную работу).

Дополнительные затраты рабочего времени связаны с выполнением внецикловых операций на технологическом оборудовании. Внецикловыми операциями называются систематически повторяющиеся операции обслуживания оборудования, обусловленные требованиями конструкции, указанные в эксплуатационной документации и имеющие определенные циклы, не совпадающие с рабочими, технологическими и кинематическими циклами оборудования.

Затраты времени на выполнение внецикловых операций определяют при конструировании оборудования, исходя из режима его работы:

для оборудования, работающего по сменам, — из условий двухсменной работы его в сутки;

для оборудования, работающего круглосуточно (сахарное, хлебопекарное, крахмалопаточное и другие производства), — из условий трехсменной работы его в сутки.

Например, производительность сепаратора 30 000 л/сут. Сепаратор непосредственно работает 22 ч/сут. Продолжительность выполнения внецикловых операций 2 ч (разборка, мойка и т.п.).

К внецикловым операциям относятся, например, замена рулонов упаковочных материалов и замена рабочих органов при смене ассортимента выпускаемой продукции, очистка рабочих органов и емкостей и т.п.

Техническое обслуживание и ремонт оборудования, связанные с нарушениями его работоспособности, не относятся к регламентированным простоям и их учитывают при определении эксплуатационной производительности.

**Эксплуатационная производительность.** Характеризуется отношением количества качественной продукции к промежутку времени, за который она переработана или выпущена в реальных условиях эксплуатации с учетом промежутков времени, затраченных непосредственно на выпуск продукции, собственных простоев линии (связанных с внецикловыми операциями), а также простоев по организационным причинам, не зависящим от конструкции оборудования.

Если руководствоваться соображениями, изложенными выше при обсуждении теоретической и технической производительностей, то эксплуатационная производительность

$$P_3 = P \left( 1 - \sum_{i=1}^n \mu_{(3)_i} \right) / \left( 1 + \sum_{j=1}^m \tau_{(3)_j} \right),$$

где  $\sum_{i=1}^n \mu_{(3)_i} = \mu_{(3)_1} + \mu_{(3)_2} + \dots + \mu_{(3)_n}$  — сумма долей эксплуатационных нерегламентированных потерь 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го компонентов сырья и материалов относительно величины  $M_H$ ;  $\sum_{j=1}^m \tau_{(3)_j} = \tau_{(3)_1} + \tau_{(3)_2} + \dots + \tau_{(3)_m}$  — сумма долей эксплуатационных нерегламентированных затрат времени 1-го, 2-го, ...,  $m$ -го этапов технологического процесса относительно величины  $T_H$ .

Анализ этой формулы показывает, что при увеличении эксплуатационных потерь сырья и затрат времени эксплуатационная производительность уменьшается относительно технической производительности. Соответственно снижаются технико-экономические показатели линии, обусловленные ее теоретической производительностью.

К причинам указанных эксплуатационных потерь и затрат, в частности, относятся: несоответствие требованиям ГОСТа, ТУ и другой нормативно-технической документации показателей качества исходного сырья, тары, упаковочных и других материалов, параметров электроэнергии, пара, воды, сжатого воздуха и др.; неэффективная организация эксплуатации оборудования, несвоевременный ремонт, отсутствие запасных частей, инструментов, смазочных и других материалов; отсутствие или низкая квалификация обслуживающего персонала; несвоевременная подача на производство сырья, тары, упаковочных материалов и др.

**Обеспечение надежности линии.** Надежностные свойства линии характеризуют стабильность и продолжительность проявления ее функциональных свойств, к которым, в первую очередь, относятся производительность, качество выпускаемой продукции, потребление ресурсов.

В процессе эксплуатации эти показатели со временем снижаются: производительность падает, увеличиваются потери сырья и количество дефектной продукции, возрастает энергопотребление, повышается трудоемкость обслуживания. Это является следствием изнашивания, старения составных частей линии, повышения восприимчивости их к случайным перегрузкам, помехам, отклонениям от нормы свойств перерабатываемого сырья, внешней среды, что, в конце концов, приводит к отказам оборудования и линии в целом.

Все эти негативные факторы необходимо предвидеть и для обеспечения надежности функционирования линии вовремя устранять.

## 1.5. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ И ОБОРУДОВАНИЮ ЛИНИЙ

Требования к технологическим процессам, оборудованию и его комплексам обуславливаются целью создания машинной технологии. Эта работа должна основываться на решении ряда принципиальных вопросов: определении оптимального варианта технологического процесса и разделения линии на участки, вычислении количества потоков и подборе машин, выборе транспортных и перегружающих устройств, пространственном размещении оборудования линии и т.д. Все эти задачи должны быть решены так, чтобы при соблюдении всех требований к качеству продукции издержки производства были наименьшими и линия имела высокие технико-экономические показатели.

**Требования к технологическим процессам.** Технологические процессы пищевых производств характеризуются многообразием, что вызывает большие трудности в комплексной механизации и автоматизации.

Под механизацией технологических процессов понимается применение энергии неживой природы. Благодаря механизации можно заменить труд человека там, где непосредственно изменяется состав и строение объекта переработки (соединение, разделение, формование и др.), но рабочий должен принимать непосредственное участие в управлении технологическим оборудованием, контролировать его работу, выполнять пуск, наладку и остановку оборудования.

Под автоматизацией технологических процессов понимается применение энергии неживой природы для выполнения и управления процессом без непосредственного участия людей. В автоматизированном технологическом процессе рабочий участвует в наладке и пуске оборудования только при нарушениях заданного режима эксплуатации оборудования.

Механизацию и автоматизацию технологических процессов проводят с целью замены тяжелого и монотонного физического труда, когда имеются вредные условия на предприятии и когда обеспечивается экономический эффект в результате повышения производительности труда и улучшения качества выпускаемой продукции.

Выбранный технологический процесс должен обеспечивать возможность механизации основных и вспомогательных технологических операций наиболее простыми способами, синхронизации операций на отдельных участках и удобство транспортирования полуфабрикатов.

Выбор оптимального варианта технологического процесса — сложный этап проектирования поточной линии, поэтому она должна создаваться на основе заранее отработанных технологических процессов для каждого этапа производства.

Технологический процесс для поточной линии следует рассматривать таким, чтобы в линии было наименьшее возможное число рабочих позиций и машин. Это позволит разместить линию на наименьшей площади и сократить затраты на оборудование, так как один сложный агрегат часто стоит меньше, чем несколько более простых.

В большинстве случаев для рационального решения вопросов необходимо не только оснастить линии механизмами и приборами, но и подготовить сам объект автоматизации технологических процессов к условиям механизации и автоматизации. Форму, размеры и другие показатели изделия следует внимательно исследовать с точки зрения возможности упрощения его изготовления (без ухудшения качества) и

приведения этих показателей в соответствие с требованиями современной техники и возможностями автоматизации. Возникают ситуации, когда для удобства механизации принятые ранее параметры изделий изменяют.

При изготовлении продукции вручную на немеханизированных линиях различию форм, их типоразмерам и отклонениям в размерах особого значения не придавали. При создании же механизированных и автоматизированных поточных линий унификация и стандартизация изделий и полуфабрикатов, а также ограничение отклонений в размерах или других параметрах приобретают первостепенное значение. Нельзя, например, представить себе четкую работу заверточного автомата, если конфеты будут иметь значительные отклонения от номинальных размеров. Следовательно, системообразующим фактором линии является стабильность входных и выходных параметров процессов в машинах и аппаратах.

Создавая поточную линию, разработчики должны предусматривать применение наиболее интенсивных технологических режимов. Это позволит, с одной стороны, сократить размеры технологических линий, а с другой — повысить скорость обработки полуфабриката и увеличить объем продукции. Однако следует заметить, что при значительном форсировании режимов возможен и обратный результат. Например, повышение скоростей может привести к быстрому износу рабочих органов и частым простоям линии для их замены или регулирования, а также к ухудшению качества изделий, так как выбранный режим не будет соответствовать физико-химическим свойствам обрабатываемого материала, в частности его реологическим свойствам.

Таким образом, при чрезмерном увеличении скорости может снизиться надежность работы линии, возрасти простои для замены рабочих органов и ухудшиться качество изделий. Увеличивая скорость, можно, с одной стороны, уменьшить продолжительность обработки изделия, но, с другой стороны, это вызовет увеличение расходов на амортизацию, содержание и обновление рабочих органов ввиду уменьшения их износостойкости. Поэтому для каждого конкретного случая необходимо найти оптимальное значение скорости, при которой сумма расходов, отнесенная к единице готовой продукции, была бы минимальной.

Полуфабрикаты и изделия имеют ряд специфических свойств (липкость, текучесть и сыпучесть, непрочность поверхностных слоев и т.д.), которые следует учитывать при выборе транспортирующих устройств. Необходимо обеспечить удобство транспортирования, наименьшую возможность относительного движения (скольжения) изделий по рабочим поверхностям транспортирующих устройств и наименьшее число перемен положения и перевалок изделий. Как структура технологического потока, так и свойства и форма полуфабрикатов обуславливают иногда необходимость использования для транспортирования специальных приспособлений-спутников в виде форм, лотков, противней и т.д., которые обычно имеют гладкую поверхность.

Применение приспособлений-спутников значительно влияет на компоновку линии, так как появляются дополнительные конвейеры для возвращения освободившихся спутников к исходным позициям.

**Требования к технологическому оборудованию.** Прежде чем подбирать и проектировать оборудование поточных линий, необходимо определить не только типоразмеры предполагаемой к выпуску продукции, но и уровень специализации

или универсальности линий, от которого в значительной мере будут зависеть конструкции машин. На предприятиях небольшой мощности, по-видимому, целесообразно устанавливать универсальные переналаживаемые линии. Крупные предприятия, напротив, желательно оснащать специализированными линиями, на каждой из которых можно будет выпускать изделия определенных типоразмеров. Необходимо принять во внимание, что стоимость переналаживаемой линии значительно выше, чем специализированной.

Возможны три основных способа создания поточных линий:

- из новых специализированных машин, осуществляющих заранее отработанные технологические процессы;
- из действующего, соответствующим образом модернизированного и оснащенного технологического оборудования;
- из отдельных типовых элементов.

На практике осуществляют смешанные варианты, когда линии создают, например, из действующих машин, но на некоторых операциях применяют новое специальное оборудование.

По возможности следует включать в состав линий существующие проверенные типы машин, при необходимости следует модернизировать их.

Среди действующего парка машин имеется большое число таких, которыми можно комплектовать поточные линии при условии присоединения к ним специальных питающих и транспортирующих устройств. Целесообразно максимально использовать имеющиеся автоматы и полуавтоматы, а также другие машины, увеличив степень автоматизации их и снабдив соответствующими загрузочными и разгрузочными устройствами, а также приборами контроля.

При проектировании поточных линий серьезное внимание должно быть уделено соблюдению условий безаварийной работы, удобству обслуживания и технике безопасности. Выполнение этих требований может сказаться на компоновке линии.

**Требования к формированию комплексов оборудования.** Для синхронизации работы машин поточной линии длительность отдельных технологических операций должна быть одинаковая или кратная, а производительность машин должна быть выровнена.

Если машины, входящие в линию, имеют примерно одинаковую производительность, то можно применять сквозную однопоточную компоновку с транспортными устройствами, передающими полуфабрикат от одной машины к другой. Если же машины по производительности существенно отличаются друг от друга, то следует применять многопоточные линии с параллельной работой однотипных малопроизводительных машин в сходящихся или расходящихся потоках. Для этого необходимо применять специальные перегружающие и распределительные устройства и осуществлять специальную компоновку оборудования. В данном случае вследствие технологических причин возникнут независимые участки поточных линий. Каждый из участков должен иметь систему управления, связанную с другими участками, а также независимые системы автоматической транспортировки изделий и их ориентации. Таким образом, линия с различной в отдельных ее участках продолжительностью рабочего цикла, по существу, представляет собой несколько последовательных поточных линий, связанных друг с другом лишь общим для этих линий автоматическим управлением.



Помимо технологических факторов на компоновку линии часто влияет конфигурация цеха или здания, в которой предполагается размещение линий. Возможные повороты потока также вызывают необходимость введения дополнительных перегружающих устройств и деления линии на отдельные участки.

Разделение линии на участки усложняет и удорожает ее, так как вызывает необходимость установки перегружающих устройств, увеличение числа приводов конвейеров, электроаппаратуры и т.д. Однако многие технологические и строительные причины делают такое деление неизбежным.

Возможны отдельные случаи, когда разделение поточных линий на участки целесообразно, хотя это и сопряжено с усложнением и не является конструктивной неизбежностью. Так, при жесткой связи между машинами простой одной из них вызовут остановку всей линии; чем больше машин входит в линию, тем больше потеря производительности будет из-за простоев. Поэтому при большом числе взаимосвязанных машин иногда целесообразно создавать линию с нежесткой связью между машинами, разделив ее на независимые участки, и предусмотреть работу этих участков или в виде единого автоматизированного потока, или независимо друг от друга. Поместив между участками бункерные устройства или накопители с запасом полуфабрикатов или изделий, можно частично компенсировать простой участков, так как при простое одного участка остальные могут работать некоторое время за счет изделий, имеющихся в бункерах. Однако эффективность такого разделения линии на участки уменьшается вследствие усложнения и удорожания ее механизмов. Поэтому деление линий на большое количество участков не всегда целесообразно.

При большом числе взаимосвязанных машин линию следует делить на участки с промежуточными накопителями так, чтобы время простоев, а следовательно, и потери производительности на этих участках были одинаковыми. Количество, частота и причины простоев могут быть различными. Они зависят от конструктивного совершенства машин и степени надежности их работы, технического состояния, уровня организации производства и целого ряда случайных причин.

Эксплуатационная производительность поточной линии определяется эксплуатационной производительностью последнего участка или последней машины, которые помимо собственных простоев могут иметь простой, вызываемые простоями предыдущих участков линии.

Здесь следует отметить, что под временем простоя последнего участка следует понимать не только продолжительность его фактической остановки, но и время работы вхолостую, когда участок не останавливается, но продукции не дает. Например, при случайной остановке тестоделителя конвейерную печь останавливать нельзя, так как в пекарной камере находятся тестовые заготовки. Таким образом, печь некоторое время будет работать вхолостую, не давая продукции. При этом время холостой работы печи будет зависеть от продолжительности простоя тестоделительной машины.

Для того чтобы определить время простоя последней машины линии с гибкой связью между машинами, необходимо провести длительные эксперименты для получения статистических данных о частоте простоев оборудования и законе их распределения.

В поточных линиях с жесткой связью между машинами продолжительность простоя линии равна продолжительности простоя любой машины.

Таким образом, технологические линии состоят из комплексов оборудования. Функциональная структура линий просматривается настолько четко, что часто комплексы *A*, *B* и *C* называют самостоятельными линиями, например, линия для упаковки молока, линия для получения шоколадных масс и т. д.

Компонование линии — это прежде всего корректировка технологии, модернизация оборудования, создание средств управления технологическими процессами, связующими их в один большой процесс (технологическую систему), а не простое соединение машин и аппаратов в цепочку с помощью конвейеров разных типов.

### 1.6. ОРГАНИЗАЦИЯ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУДУЩЕГО

Совокупность процессов в машинах и аппаратах технологической линии есть, по существу, один большой процесс (поток). Несмотря на разнообразие технологий машинно-аппаратурного оформления, общим для различных линий является то, что в них организован и функционирует непрерывный технологический поток преобразования исходного сырья в продукт. Такой поток имеет свои закономерности, которые необходимо знать, чтобы создавать высокоэффективные технологические линии. Конструкторское решение линии в целом должно определять конструкции отдельных машин и аппаратов. Отвлекаясь от конкретных технологий, рассмотрим строение и форму технологической операции и технологического потока, т.е. их морфологию.

**Морфология технологической операции.** Технологический поток состоит из различных технологических операций преобразования исходного сырья и процессов транспортирования его и промежуточных продуктов между операциями. Собственно технологические операции выполняют две функции: обработку объекта (технологический процесс) и подачу объекта обработки в рабочую зону (транспортный процесс). Комбинация технологического и транспортного процессов приводит к формированию четырех классов операций.

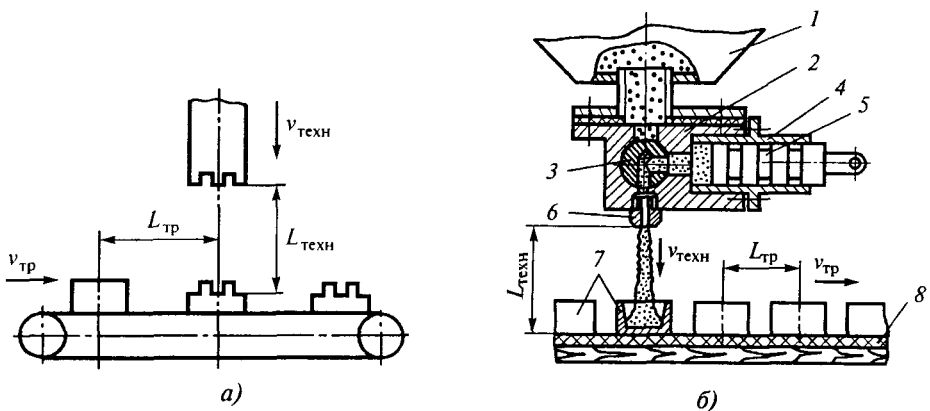


Рис. 1.1. Операция I класса:

*a* — схема операции; *б* — устройство для дозирования и формования массы в отливочной машине; 1 — бункер; 2 — корпус отливочной головки; 3 — золотник; 4 — мерный цилиндр; 5 — поршень; 6 — насадка; 7 — форма; 8 — ленточный конвейер

В операциях I класса (рис. 1.1, а, б) технологическая обработка массы происходит только после завершения транспортной операции (подачи заготовки в рабочую зону), и наоборот, т.е. один процесс прерывается другим. Это операции дискретного действия.

Производительность  $\Pi_1$  машин этого класса операций определяется длительностью  $T_{\text{ц}}$  всего технологического цикла обработки объекта.

Цикл включает в себя продолжительности технологического  $T_{\text{техн}}$  и транспортно-го  $T_{\text{тр}}$  процессов:

$$\Pi_1 = 1/T_{\text{ц}} = 1/(T_{\text{техн}} + T_{\text{тр}}) = 1/(L_{\text{техн}}/v_{\text{техн}} + L_{\text{тр}}/v_{\text{тр}}),$$

где  $L_{\text{техн}}$  и  $L_{\text{тр}}$  — значения технологического и транспортного перемещений;  $v_{\text{техн}}$  и  $v_{\text{тр}}$  — технологическая и транспортная скорости.

Чтобы повысить производительность машин, предназначенных для выполнения операций I класса, необходимо сократить продолжительность как технологического, так и транспортного процессов, т.е. как  $T_{\text{техн}}$ , так и  $T_{\text{тр}}$ . Значения технологического и транспортного перемещений полностью определяются геометрическими размерами заготовок, поэтому уменьшение времени на выполнение технологического и транспортного процессов может быть достигнуто только увеличением соответствующих скоростей. Повышение же транспортной скорости ограничивается допустимыми значениями ускорений движения исполнительных органов машин, а увеличение технологической скорости — ее допустимыми значениями, определяемыми физико-механическими, теплофизическими и биохимическими свойствами, т.е. технологическими свойствами обрабатываемого материала. Эти обстоятельства и являются тормозом в повышении выпуска изделий машинами, реализующими операции I класса.

Таким образом, производительность машин, реализующих операции I класса, определяется продолжительностью  $T_{\text{техн}}$  технологического процесса, продолжительностью  $T_{\text{тр}}$  транспортирования обработанного продукта в машине.

Следовательно, длительность цикла  $T_{\text{ц}}$  обусловлена технологическими параметрами операции и динамическими возможностями механизма перемещения продукта в зону обработки и из нее. Таким образом, производительность в каждом конкретном потоке для каждой конкретной операции задана однозначно и не может быть выбрана из условий экономической окупаемости производительности. По этой причине на базе операций I класса нецелесообразно компоновать машины и аппараты в автоматические линии (линии будущего). Другими словами, при компоновке таких линий обязательно окажется, что значение технологических  $L_{\text{техн}}$  и транспортных  $L_{\text{тр}}$  перемещений, а также технологических  $v_{\text{техн}}$  и транспортных  $v_{\text{тр}}$  скоростей разных операций в потоке будут различны. Неодинаковыми окажутся и циклы операций  $T_{\text{ц}}$ , что обусловит различную производительность машин и аппаратов в потоке. Поэтому условие равной производительности, необходимое для объединения различных операций I класса в единый поток, не выполняется. Одинаковая производительность машин в таких линиях может быть лишь результатом случайного совпадения значений технологических параметров на разных операциях. Вероятность такого совпадения при более или менее значительном числе операций чрезвычайно мала. Итак, технологические операции I класса не могут служить основой для создания высокоэффективных линий.

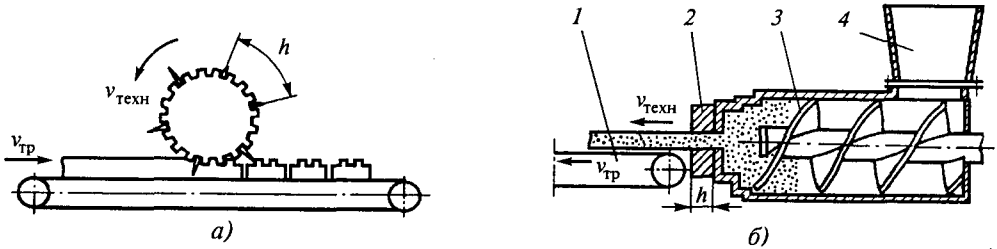


Рис. 1.2. Операция II класса:

*a* — схема операции; *б* — устройство для формирования массы шнековым нагнетателем;  
1 — ленточный конвейер; 2 — матрица; 3 — шнек; 4 — бункер

Для операций II класса (рис. 1.2, *a*, *б*) характерно совпадение во времени транспортного и технологического процессов. Транспортный процесс становится непрерывным, а транспортная  $v_{тр}$  и технологическая  $v_{техн}$  скорости равны между собой.

Производительность  $\Pi_{II}$  машин, реализующих операции II класса, определяется длительностью цикла  $T_{ц}$  обработки сырья рабочими органами. Этот цикл равен отношению размера матрицы  $h$  к технологической или транспортной скорости

$$\Pi_{II} = 1/T_{ц} = 1/(h/v_{техн}) = 1/(h/v_{тр}).$$

Чтобы повысить производительность машин, предназначенных для создания операций II класса, необходимо увеличить транспортную скорость, но поскольку транспортная скорость ограничена (а в пределе равна) технологической, то повышение производительности ограничивается допустимыми значениями технологической скорости, которая в свою очередь обусловлена технологическими свойствами обрабатываемой пищевой среды.

Таким образом, условием одинаковой производительности машин и аппаратов в линии, где реализуются только операции II класса, также является равенство продолжительности технологических циклов. Такое условие обеспечивается лишь в частных случаях. Поэтому вероятность совпадения значений производительности оборудования таких линий весьма мала. Существенным отличием операции II класса является то, что вследствие совмещения технологического и транспортного процессов во времени эти процессы не прерывают один другого и могут происходить непрерывно с постоянной скоростью. Значения скоростей технологического и транспортного процессов не ограничиваются предельными ускорениями деталей транспортирующих механизмов. Производительность операции II класса лимитируется лишь допустимым значением скорости течения технологического процесса. Поэтому высокая производительность сопряжена с жестким технологическим скоростным режимом, но в отличие от операций I класса высокая производительность уже совместима с оптимальными динамическими условиями работы механизмов. В этом заключается важное преимущество операций II класса, существенное с точки зрения коэффициента использования оборудования.

Операции III класса (рис. 1.3, *a*, *б*) отличаются от операций II класса независимостью между собой транспортного и технологического процессов. В этих операциях обработка объектов осуществляется при их непрерывном транспортировании совместно с рабочими органами через рабочую зону по какой-либо замкнутой траектории. Машины, созданные по этому принципу, получили название роторных, поскольку транспортный процесс первоначально был реализован как вращательное движение.

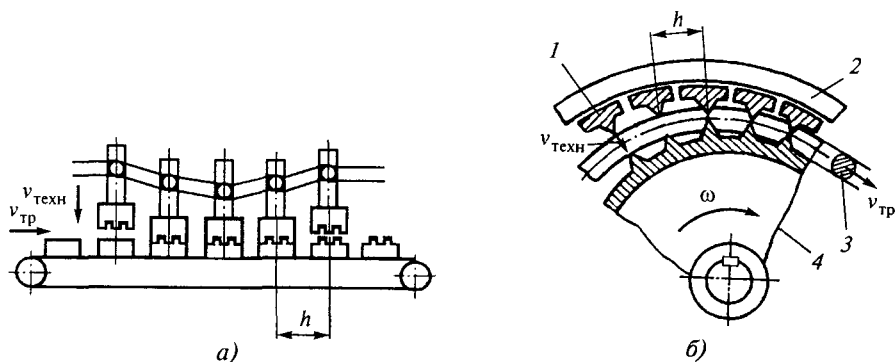


Рис. 1.3. Операция III класса:

*a* — схема операции; *б* — устройство для дозирования массы продукта в виде жгута круглого сечения в роторной режущей машине; 1 — откидной нож; 2 — неподвижная направляющая; 3 — жгут продукта; 4 — ротор

Производительность  $\Pi_{III}$  машин для операций III класса, как и для операций II класса, определяется длительностью цикла  $T_{ц}$ , равного отношению шага  $h$  выхода изделий к транспортной скорости  $v_{тр}$ :

$$\Pi_{III} = 1/T_{ц} = 1/(h/v_{тр}).$$

В отличие от операций II класса скорость транспортирования в операциях III класса не ограничивается технологической скоростью. Поэтому при создании машин, реализующих операции III класса, повышение производительности теоретически связано только с увеличением транспортной скорости. Практически же повышение производительности этих машин влечет увеличение длины технологической зоны, что необходимо для сохранения необходимой продолжительности технологической обработки объекта.

В операциях III класса, имеющих важное значение при организации автоматических линий, также важен характер соотношения между производительностью, динамическим режимом работы машин и технологическим режимом процесса. Если в операциях I класса высокая производительность несовместима с оптимальными технологическими и техническими режимами, а в операциях II класса — с оптимальными технологическими режимами, то в операциях III класса можно достичь высокой производительности без использования больших ускорений в механизмах привода и большой скорости технологического процесса. Иначе говоря, как бы ни была велика заданная производительность, она может быть достигнута в результате увеличения скорости транспортного процесса при сохранении любой достаточно малой или достаточно большой (оптимальной) скорости технологического процесса. Следовательно, возможности операций III класса с точки зрения производительности машин не ограничиваются как технологическими свойствами обрабатываемого сырья и промежуточного продукта, так и динамикой привода и рабочих органов машин. Это означает, что производительность машин, в которых осуществляются операции III класса, определяется лишь скоростью процесса транспортирования.

В автоматических линиях использование операций III класса весьма перспективно, поскольку при высокой (в пределах неограниченной) производительности могут быть сохранены оптимальные технологические и динамические режимы, которые

обуславливают и технологическую, и конструктивную надежности. При этом, безусловно, обеспечиваются стабильное качество продукции, минимум простоев оборудования по разным причинам и максимальный коэффициент использования машин и аппаратов в технологической линии. Вот почему операции III класса наиболее пригодны для организации технологического потока.

Для операций IV класса (рис. 1.4, а, б) также характерна независимость скорости транспортного процесса от технологической скорости. В операциях IV класса заготовки обрабатываются при транспортировании через рабочую зону. Понятие «рабочий орган» заменяется понятием «рабочая среда», которая осуществляет технологическое воздействие непосредственно на весь поток, происходящий через рабочую зону. Более точно машины этого класса операций следует называть аппаратами.

Производительность машин  $\Pi_{IV}$  для операций IV класса определяется длительностью цикла  $T_{ц}$  выхода одного объекта и количеством  $n$  объектов в сечении потока:

$$\Pi_{IV} = n(1/T_{ц}) = n[1/(h/v_{тр})],$$

где  $h$  — шаг объектов в направлении вектора скорости.

При создании машин для операций IV класса повышение производительности может быть достигнуто как в результате увеличения транспортной скорости (при соответствующем удлинении зоны обработки), так и в результате увеличения в поперечном сечении потока количества объектов.

Таким образом, с помощью операций IV класса также можно создавать машины и аппараты любой производительности. Однако в этом случае повысить производительность оборудования можно не только интенсификацией транспортного процесса, но и увеличением числа обрабатываемых объектов в поперечном сечении потока. Следовательно, одинаковая производительность различных операций технологического потока может быть достигнута как путем соответствующего изменения скорости процесса транспортирования в этих операциях, так и путем соответствующего изменения поперечного сечения потока.

Операции IV класса, как и операции III класса, обеспечивают оптимальные условия объединения машин и аппаратов соответствующих конструкций в технологические комплексы, автоматические системы машин.

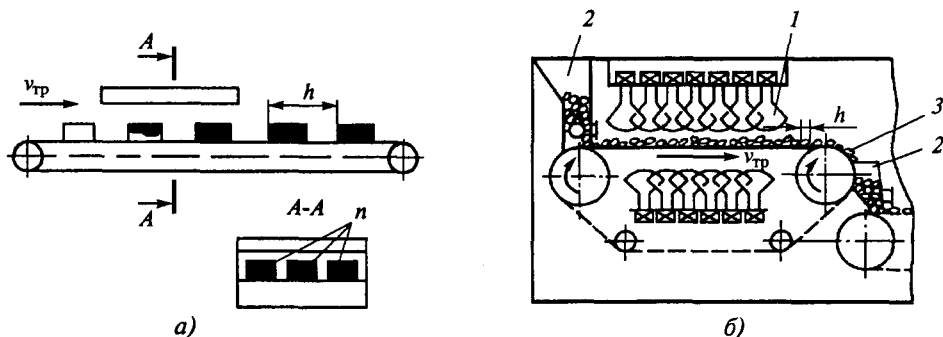


Рис. 1.4. Операция IV класса:

а — схема операции; б — устройство для сушки продукта; 1 — генератор инфракрасного излучения; 2 — воронка; 3 — продукт

Итак, только два последних способа выполнения технологических и транспортных процессов, т.е. III и IV классы операций, могут быть в общем случае инженерной основой для создания высокоэффективных потоков в линиях. При этом только операции IV класса в наиболее полной мере соответствуют требованиям высшей формы автоматизма и непрерывности потока, т.е. поток, образованный из операции IV класса, наиболее близок к идеальному потоку.

Однако далеко не все технологические превращения исходного продукта возможно осуществить в операциях IV класса. Прежде всего это касается формообразования, а также ориентирования, дозирования и других процессов.

Принципиальной основой для широкого осуществления комплексной автоматизации в перерабатывающих отраслях АПК являются операции III класса. Теоретически многие технологические процессы возможно реализовать в операциях этого класса.

Вместе с тем технологии, предусматривающие операции III класса, все еще занимают скромное место даже в производствах, имеющих все предпосылки для этого. Поэтому важнейшей задачей комплексной автоматизации является ускорение создания широкого ряда машин для операции III класса и распространение их хотя бы на отдельные части линий.

Машины для операций III класса могут быть выполнены по двум конструктивным схемам — роторной и роторно-конвейерной. По роторной схеме рабочие органы закрепляют на жестких роторах, которые сообщают им необходимые транспортные перемещения, по роторно-конвейерной схеме рабочие органы монтируют на гибких замкнутых транспортных системах — конвейерах.

Необходимо подчеркнуть, что современные технологии разрабатывают без учета того, операции каких классов будут в ней реализованы. В результате этого технологический поток представляет собой набор операций разных классов. С этой точки зрения развитие такой технологии носит тупиковый характер. По-видимому, целесообразно еще на первых этапах разработки технологий предусматривать возможность ее реализации в операциях III и IV классов. Таким образом, речь идет о разработке роторных технологий или частей технологий, которые могут быть названы роторными. Признаками таких роторных технологий и роторных потоков должны быть: несложность структуры; малооперационность; стабильность свойств сырья и промежуточных продуктов, а также параметров окружающей среды; относительная простота рецептуры и формы изделия.

Можно утверждать, что роторная технология и роторный поток не содержат в своей природе противоречия, присущее всем остальным технологиям и потокам: производительность — качество. Это техническое противоречие раскрывается следующим образом: рост производительности ведет к снижению качества продукта, и наоборот. Именно в этом заключается препятствие к повышению производительности современных линий, как правило, базирующихся на операциях I и II классов.

Таковы особенности морфологии технологической операции.

**Морфология технологического потока.** Рассмотрим существующие и принципиально возможные технологические потоки с точки зрения наличия в них операций определенных классов (табл. 1.4).

Таблица 1.4. Классификация технологических потоков

Количество классов операций в потоке	Наименьший класс операции в потоке			
	I	II	III	IV
Один	(I)	(II)	(III)	(IV)
Два	(I — II)	(II — III)	(III — IV)	—
	(I — III)	(II — IV)		
	(I—IV)			
Три	(I — II — III)	(II — III — IV)	—	—
	(I — II — IV)			
	(I — III — IV)			
Четыре	(I — II — III— IV)		—	

В таблице помещена классификация технологических потоков, которая создана на основе описанных выше классов операций.

Класс потока определяется наименьшим классом операции в нем. Достаточно даже одной такой операции, чтобы отнести поток к соответствующему классу. Например, в потоке (II) класса наименьшим является II класс операции. Тип потока определяется числом классов операций, его составляющих. Так, поток второго типа состоит только из операций двух каких-либо классов, а поток третьего типа состоит из операций любых трех классов.

Поток, содержащий операции более высокого класса, несомненно, прогрессивнее потока, который составляют операции более низкого класса.

Что же дает эта классификация технологических потоков? С ее помощью можно не только определить место конкретного потока среди всех возможных сочетаний классов операций, но и установить пути совершенствования потока при переходе из класса в класс и из типа в тип, имея в виду гипотетическую цель — поток (IV) класса первого типа, когда все операции в потоке только IV класса.

Благодаря такой классификации можно также четко различать поколения линий внутри классов и между классами, исходя из того, что всего возможно создать 15 поколений потока. И здесь важно не проходить поочередно все эти 15 поколений, а сознательно перешагивать через поколения. Таким образом, классификация позволяет принципиально выявить наиболее целесообразный путь достижения (IV) потока. Как видно, наиболее эффективные решения лежат в верхнем правом углу таблицы, а самый примитивный поток (I) в левом верхнем углу содержит все операции I класса. Преобразование потока (I) в поток (IV) практически идет через потоки второго, третьего и четвертого типов.

Современные технологии перерабатывающих производств — это преимущественно потоки, в которых наименьший I класс и частично II класс операций.

Известно, что подавляющее большинство линий работает десятки лет без существенной модернизации операций, поскольку цель развития линий не только не определена, но даже не просматривается.

Технологии перерабатывающих производств — это комплекс операций механического, теплофизического, биохимического и химического воздействия на сельскохозяйственное сырье. Поэтому (III) и (IV) потоки не реальны. По-видимому, наиболее перспективным является поток (III—IV). Такой поток должен включать в себя все операции двух высших классов от дозирования исходного сырья до упаковки готовой продукции. Конечно, это линии далекого будущего, но их нужно себе представлять в виде идеальных целей и работать над их созданием.



Необходимо особо подчеркнуть, что развитие технологических потоков связано прежде всего со стабилизацией входов и выходов отдельных операций.

Задача эта не простая, в частности, потому, что сырье пищевых производств не обладает достаточно стабильными технологическими свойствами по самым разным причинам. И применение операций I класса в начале технологического потока позволяет в какой-то степени нивелировать свойства промежуточных продуктов путем варьирования как продолжительностью обработки, так и другими факторами, воздействующими на сырье (температура, давление и т.п.).

Часто для того чтобы обеспечить непрерывность технологического потока в условиях нестабильности входов, операции I класса одного назначения функционируют параллельно и поочередно. Такое «запараллеливание» операций I класса применяется и в начале потока, и в середине, и в его конце. Это, конечно, усложняет как структуру потока, так и его компоненты. Таким образом, обеспечение стабильных технологических свойств исходного сырья — обязательное условие перехода к технологическим потокам высших классов.

Необходимость интенсивной работы над тем, чтобы перевести все потоки (I) класса во (II) класс, обусловлена еще и тем, что совершенствование потоков внутри (I) класса неизбежно ведет к созданию и применению робототехники, которая не может быть эффективна, поскольку, по существу, лишь модернизирует примитивные операции I класса. Применение робототехники в определенной мере задерживает создание технологических потоков (II) класса, в которых полностью отсутствуют операции I класса. Конечно, могут и должны быть исключения, но на них надо идти сознательно, рассматривая совершенствование технологии и техники внутри потоков (I) класса лишь как тактическую неизбежность, уступку обстоятельствам. Исследователь, конструктор и проектировщик должны ясно себе представить и предвидеть технологию и технику потоков (II) и (III) классов, где робот останется без работы.

Организация технологического потока определяется не только качеством составляющих его операций, но и видом связей между его отдельными операциями и видом связи ветвей потока.

По виду связи между операциями любой технологический поток можно отнести к одному из трех типов (рис. 1.5).

Рассмотрим поток с жесткой связью. В этом потоке предусмотрена жесткая связь между выходом каждой предыдущей и входом каждой последующей операции. Естественно, что длительность цикла каждой операции должна быть одинаковой или кратной циклу ведущей операции или группы ведущих операций.

Поток с полужесткой связью содержит группы операций, имеющие жесткие связи лишь внутри группы. Между собой эти группы имеют гибкие связи в виде операции хранения. Конструктивно операция хранения реализуется в накопителях, бункерах, емкостях, ветвях контейнеров и т.д.

Поток с нежесткой (гибкой) связью характеризуется тем, что операция хранения предполагается между каждыми двумя технологическими операциями.

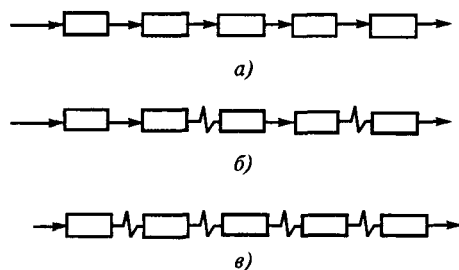


Рис. 1.5. Схема построения технологических потоков с различными связями:  
а — жесткой; б — полужесткой; в — нежесткой

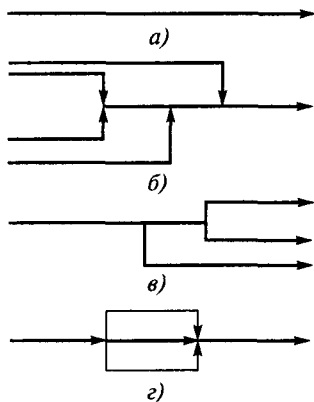


Рис. 1.6. Схема форм технологических потоков:

а — неразветвленный; б — разветвленный сходящийся; в — разветвленный расходящийся; г — разветвленный с параллельными ветвями

По виду связи ветвей технологические потоки могут быть неразветвленные и разветвленные, причем последние содержат сходящиеся, расходящиеся и параллельные ветви (рис. 1.6).

В простейшем случае операции составляют одну цепочку - неразветвленный поток. Такой поток предназначен для преобразования преимущественно одного вида сырья в один вид продукции (выработка цельного молока, патоки из крахмала, овсяной крупы и т.д.).

Разветвленный сходящийся технологический поток формируется в процессе получения из нескольких видов сырья одного вида продукции (производство хлеба, сыра, пирожных и тортов, карамели с начинкой и т.д.).

Разветвленный расходящийся технологический поток возникает при изготовлении из одного вида сырья нескольких видов конечного продукта (получение белых столовых виноматериалов из винограда, муки первого и второго сорта при помоле пшеницы, шоколада,

какао-масла и какао-порошка при переработке какао-бобов и т.д.).

Технологический поток с параллельными ветвями образуется в случае одновременного параллельного функционирования ряда идентичных операций из-за недостаточной их производительности против предшествующих, последующих или тех и других одновременно.

В разветвленном потоке можно выделить главные и вспомогательные ветви: на главной выполняются ведущие операции, а на вспомогательной — операции по изготовлению и мойке тары, дополнительных полуфабрикатов.

Таковы особенности морфологии технологического потока.

**Проблемы развития технологического потока.** Современные технологические потоки далеки от идеального потока по всем показателям.

Скорость потока при функционировании оборудования непостоянна на различных участках, а само функционирование периодически прерывается из-за вмешательства человека.

Плотность потока также неодинакова на всех участках и весьма мала вследствие больших расстояний между объектами обработки, а их положение не является оптимальным.

На отдельных участках производства имеются неподвижные запасы незавершенной продукции, находящиеся в неориентированном состоянии. Поэтому в состав линии входят накопители самых разных конструкций и устройства для ориентации объектов обработки.

Требования к идеальному потоку и реальное состояние оборудования технологических линий позволяют сформулировать проблемы развития пищевой технологии и пищевого машиностроения. Подчеркнем, что это — проблемы создания идеальных потоков. Но даже частичное решение этих проблем может иметь очень большое значение для совершенствования производства того или иного пищевого продукта.

*Первая проблема* — это осуществление одинаковой производительности на всех операциях, объединенных в технологический поток. При неодинаковой производительности каждой операции межоперационная передача объектов обработки превращается из простого перемещения их по одной и той же траектории в распределение

на несколько ручьев при переходе от более производительных машин к менее производительным или, наоборот, в слияние нескольких ручьев в общий поток. Это приводит к значительному удорожанию машинно-аппаратурного оформления технологического потока. Поскольку длительность цикла каждой операции в потоке, как правило, различна, то и одинаковая производительность машин и аппаратов в линии не обеспечивается.

Не решает проблемы и выравнивание производительностей технологических машин по наименьшей производительности, так как в этом случае более производительное оборудование оказывается недогруженным и часть рабочего времени простаивает или работает с пониженной производительностью.

Решение проблемы неодинаковой производительности заключается в устранении зависимости качества продукции от скорости технологического потока. Только это позволит иметь на всех операциях одинаковую свободно выбираемую производительность. Речь идет о полном разрешении основного технического противоречия непрерывного производства: производительность — качество продукции.

*Вторая проблема* — сохранение коэффициента использования машин при увеличении числа объединяемых в технологический поток операций. Эта проблема состоит в том, что при объединении существующих машин и аппаратов в линию остановка каждой из них приводит к остановке всей линии и, следовательно, к снижению коэффициента использования ее. Очевидно, что начиная с некоторого числа операций нецелесообразен переход от отдельных машин к линиям.

Не является решением вопроса и создание запасов объектов обработки, позволяющим каждой машине работать независимо от остановок других машин и сохранять, таким образом, свой коэффициент использования. Применение накопителей также резко удорожает стоимость передающих устройств. Кроме того, создание накопителей, не выполняющих необходимые технологические функции, не только бесполезно, но и вредно, ибо в результате этого увеличиваются производственный цикл, объем незавершенного производства и размеры площадей. Применение накопителей уже делает поток не непрерывным, что противоречит условию идеального технологического потока — постоянная скорость на всем его протяжении.

Решение проблемы состоит, с одной стороны, в сжатии технологии во времени и пространстве, а с другой — в повышении надежности оборудования.

*Третья проблема* — универсальность машин и аппаратов, позволяющая обрабатывать сырье с различными физико-механическими свойствами и выпускать изделия разной формы. Сущность этой проблемы состоит в том, что машины, аппараты и тем более линии обеспечивают обычно производство лишь одного конкретного изделия данной геометрической формы из одного набора сырья. Снятие с производства данного пищевого продукта и переход к выпуску нового приводят к прекращению использования линии и к необходимости создания новой или усовершенствования ранее известной. При отсутствии универсальности линий потребовалось бы бесчисленное множество специальных линий для каждого пищевого продукта. Учитывая постоянную смену самих объектов производства и тенденцию к ее ускорению, можно сделать вывод о невозможности производства пищевых продуктов на основе специальных линий.

Решение проблемы универсальности машин и аппаратов состоит в создании линий, осуществляющих одновременное изготовление различных номенклатур изделий, что обеспечивает равномерный выпуск каждой номенклатуры и полностью устраняет частые переналадки линий. Примером такой линии является линия производства конфет «Ассорти», когда одновременно вырабатываются изделия разной формы и с разной начинкой.

*Четвертая проблема* — непродолжительность времени выпуска конкретного продукта, обусловленная малой потребностью или необходимостью большого ассортимента. Ее решение предполагает обеспечение универсальности линий относительно исходного сырья и формы изделия. Однако только универсальность линий может быть недостаточным условием для решения этой проблемы. Ведь смена объектов производства может стать настолько частой, а периоды производства настолько короткими, что потери времени на переоснастку машин будут приводить к недопустимым снижениям коэффициента использования и фактической производительности линий.

Решение этой проблемы с учетом того, что рост частоты смены объектов производства представляет собой одну из общих тенденций развития технологии и техники, должно состоять в полном устранении потерь рабочего времени при переходе к выпуску на линии нового продукта. Реализация этого требования предполагает не только автоматическую смену рабочих органов машин без прекращения нормального движения потока, но и непрерывную адаптацию межоперационных транспортных устройств к сменяющимся объектам обработки.

*Пятая проблема* состоит в том, чтобы созданный идеальный технологический поток был рентабельным. Дело в том, что переход к идеальной системе машин часто технически возможен, но экономически нецелесообразен, так как затраты могут быть больше экономического эффекта от эксплуатации. Исключение необходимо делать для опасных и вредных производств, где основным критерием является не экономический эффект, а безопасность человека и его здоровье.

Как известно, для объединения технологических машин в высокоэффективную линию нужны межоперационные транспортные, управляющие, контролирующие и другие вспомогательные устройства. Все эти устройства не повышают производительности, а стоимость их примерно такая же, как самих технологических машин, что приводит к удорожанию линии и удлинению срока ее окупаемости настолько, что она изнашивается физически, а чаще морально раньше, чем окупается.

Таким образом, для обеспечения эффективности разрабатываемой системы машин и аппаратов необходимо использовать такие технологические машины, производительность которых может быть любой и определяться экономической окупаемостью.

Рассмотренные выше пять проблем развития технологического потока, в сущности, показывают направления создания новых линий. При этом методически важно сформулировать идеальные цели, а затем, исходя из реальных обстоятельств и возможностей, решать соответствующие задачи.

Этот подход значительно целесообразнее традиционного усовершенствования технологии и техники.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

**1. Технологические свойства сельскохозяйственной продукции (растительное и животное сырье) и других пищевых сред являются тем решающим фактором, который определяет не только конструкции машин и аппаратов в линии, но и режимы ее функционирования.**

*2. Классификация машин и аппаратов по функционально-технологическому принципу, которая положена в основу архитектоники учебника, позволяет не только легче выбрать прототип при создании новой техники, но и эффективно компоновать новые линии.*

*3. Все технологические линии пищевых и перерабатывающих отраслей АПК могут быть разделены на три функциональные группы: линии для разборки сельскохозяйственного сырья с выделением основного пищевого и ряда сопутствующих продуктов; линии для сборки пищевого продукта из исходного сырья; линии, обладающие признаками первой и второй функциональной группы.*

*4. В зависимости от конкретной цели в инженерной практике выполняют расчеты технической, теоретической и эксплуатационной производительности линии; надежность линии – это вероятность того, что к заданному моменту времени оборудование будет исправно реализовывать свои технологические функции.*

*5. Деятельность инженера как творческой личности всегда связана с разработкой машинных технологий будущего и с прогнозированием конструкций машин и аппаратов завтрашнего дня.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что Вы понимаете под показателями технологических свойств пищевых сред?
2. Что собой представляют типовые процессы пищевых технологий и какие физические, химические и биологические явления составляют их содержание?
3. Какие классификационные признаки положены в основу систематизации машин и аппаратов пищевых производств?
4. В чем принципиальное различие технологических линий для первичной, вторичной и комбинированной переработки сельскохозяйственного сырья?
5. Какие функционально-технологические задачи решают технологические комплексы линий?
6. Что Вы понимаете под производительностью технологической линии и какие ее виды различаете?
7. Как Вы определяете коэффициент использования технологической линии?
8. В чем различие и что собой представляют регламентированные и нерегламентированные потери сырья, материалов и времени при расчете эксплуатационной производительности линии?
9. Какие требования предъявляются к технологическим процессам при создании прогрессивной машинной технологии пищевых продуктов?
10. Какие требования предъявляются к оборудованию и их комплексам при создании прогрессивной машинной технологии пищевых производств?
11. Что Вы вкладываете в понятие «идеальный технологический поток»?
12. На каком классификационном признаке основана систематизация технологических операций при рассмотрении их морфологии?
13. В чем состоит принципиальное различие между собой четырех классов технологических операций?
14. В чем заключается непреодолимое препятствие в росте производительности машин, реализующих технологические операции I и II класса?
15. Какова перспектива использования операций III и IV класса в создании автоматических линий?
16. Что Вы понимаете под морфологией технологического потока?
17. На каком классификационном признаке основана систематизация технологических потоков?
18. Какими знаниями необходимо обладать, чтобы сформулировать проблемы развития пищевых технологий и пищевого машиностроения?
19. В чем состоит сущность пяти основных проблем создания идеальных технологических потоков?
20. Каковы возможные пути решения пяти основных проблем при создании идеальных технологических потоков?

## Глава 2

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ РАЗБОРКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ НА КОМПОНЕНТЫ

В линиях для первичной переработки сельскохозяйственного сырья технологический процесс направлен на его разделение на компоненты. Такими линиями оснащены предприятия по обработке и переработке сырья растительного (зерна, масличных семян, сахарной свеклы, картофеля, плодоовощного сырья, винограда и др.) и животного (скота, птицы, рыбы, молока и др.) происхождения. При этом номенклатура продукции является многопредметной и зависящей от числа полезных компонентов, содержащихся в исходном сырье. Даже если основная продукция линии разборки однопредметна, то побочные непищевые продукты обладают полезными потребительскими свойствами.

### 2.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ МУКОМОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Мука — продукт помола хлебного зерна пшеницы или ржи. Свойства муки прежде всего зависят от химического состава и строения эндосперма зерна — места отложения питательных веществ. Его основную массу составляют природные полимеры — крахмал и белки. Их общее содержание в зерне пшеницы составляет около 85 % на сухое вещество. Строение эндосперма зерна определяет особенности вырабатываемой муки.

Различают три вида пшеницы: мягкую, мягкую стекловидную и твердую (дурум). Ткани эндосперма зерна мягкой пшеницы имеют мучнистую непрозрачную структуру, состоящую из мелких зерен крахмала, заключенных в тонкие прослойки белковых веществ. Из такого зерна вырабатывают хлебопекарную муку. Клетки эндосперма стекловидных, твердых видов пшеницы окружены толстыми аморфными прослойками белков, придающих им прозрачность. Стекловидные зерна по сравнению с мучнистыми имеют большую плотность, абсолютную массу и прочность. Из них вырабатывают муку (в виде крупки или полукрупки) для макаронных изделий.

В зависимости от качества муку подразделяют на обойную, высшего, первого или второго сорта, а также на крупчатку. Обойная мука вырабатывается из несеяной муки и содержит в своем составе измельченные частицы эндосперма зерна и наружной оболочки (отрубей). Сортовую муку производят из сеяной муки. Каждый из видов сорта муки регламентирован соответствующими характеристиками свойств муки: цветом, зольностью, крупностью помола и количеством сырой клейковины.

Качество муки существенно зависит от содержания в ней частиц оболочки — отрубей. Основными структурными компонентами оболочки являются клетчатка и зольные элементы (кремний, фосфор, калий и др.). Поэтому величина зольности

муки является косвенной характеристикой количества отрубей. В общем случае считается, чем ниже зольность муки, тем меньше она содержит отрубей и имеет более высокое качество.

Промежуточными продуктами помола зерна являются крупки различных размеров. Крупка чистого эндосперма зерна является высококачественным продуктом: крупчатка хлебопекарной муки, крупка и полукрупка макаронной муки или манная крупа. Крупка, на поверхности которой имеется оболочка, при сортовых помолах подлежит дальнейшей обработке с целью удаления оболочки.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Мукомольные предприятия, как правило, размещаются в местах потребления продукции. Сущность мукомольного производства заключается в измельчении зерна и разделении его составных частей: оболочек, эндосперма и зародыша.

Зерно хлебных злаков имеет сложную твердую, плотную и прочную аморфно-кристаллическую структуру с различными прочностными характеристиками составных частей. Поэтому для переработки зерна применяют различные машины и аппараты, оказывающие механические и гидротермические воздействия на зерно и продукты его разрушения.

Наружную поверхность зерна очищают от приставшей пыли, отделяют бородки и частично снимают плодовые оболочки и зародыши на обочных и щеточных машинах. В энтоленторах зерно и продукты его измельчения подвергают стерилизации путем ударных воздействий. В результате живые вредители уничтожаются, зерна с личинками разрушаются, а личинки в основном погибают.

При сортовых помолах зерна качество муки повышают путем его гидротермической обработки. В результате такого воздействия ослабляются связи между эндоспермом и оболочками; структура оболочек из хрупкого состояния переходит в пластично-вязкое. Все это в совокупности облегчает отделение плодовых и семенных оболочек зерна с минимальными потерями эндосперма. Кроме того, улучшаются хлебопекарные качества муки вследствие воздействия тепла на белковый комплекс увлажненного зерна. На многих этапах мукомольного производства из зерна и продуктов его измельчения удаляют металломагнитные примеси.

Зерно измельчают двумя параллельными цилиндрическими вальцами, вращающимися навстречу один другому с различными скоростями. Обычно применяют нарезные мелющие вальцы, на поверхности которых нанесены рифли. Профиль, уклон, количество и взаимное расположение рифлей выбирают в зависимости от требуемой крупности помола и прочностных характеристик измельчаемого зерна. Они должны обеспечивать максимальное количество крупок различных размеров при минимальном выходе порошкообразной муки. Частицы крупки, на поверхности которых сохранилась оболочка, дополнительно подвергают шлифованию — многократному механическому воздействию рабочих органов шлифовальных машин на продукт путем интенсивного трения частиц друг о друга и о рабочие поверхности машины. При шлифовании с поверхности крупок удаляют частицы оболочки.

Значительное место в мукомольном производстве занимают процессы разделения продуктов измельчения зерна. Сначала их просеивают на отсевах и разделяют на несколько фракций, отличающихся крупностью частиц. Затем производят сортирование фракций по качеству, т.е. разделяют на частицы, состоящие из чистого эндосперма, и частицы в виде сростков эндосперма с оболочкой. Такую операцию называют обогащением крупок и дунстов (промежуточные по крупности продукты между крупой и мукой). Для обогащения применяются ситовечные машины, сортирующие сыпучие смеси по геометрическим и аэродинамическим характеристикам

частиц. В этих машинах для сортирования по геометрическим признакам (крупности) служат сита, а по аэродинамическим (главным образом, по парусности) — потоки воздуха.

После сортирования крупки и дунсты подвергают дальнейшему измельчению на размольных вальцовых станках. Параметры рабочих органов станков и режимы их работы зависят от размеров измельчаемых частиц.

Прочность оболочки зерна значительно превышает прочность эндосперма, поэтому при сортовых помолах для разделения продуктов измельчения применяют ударные воздействия. Продукты размолла дополнительно измельчают в быстровращающихся штифтовых и бичевых роторах энтолейторов и деташеров. На последних стадиях драного и размольного процессов осуществляют вымол в бичевых и щеточных машинах. В них исходный продукт подвергают удару и истиранию, в результате чего нарушаются молекулярные силы сцепления между эндоспермом и оболочкой. Происходит отделение эндосперма (в виде муки) от отрубянистых частиц при минимальном их дроблении.

Формирование готовой продукции — муки — по сортам осуществляется путем весового дозирования и смешивания продуктовых потоков с отдельных этапов технологического процесса. Продукцию упаковывают в транспортную тару — тканевые мешки или в потребительскую тару — бумажные пакеты.

**Стадии технологического процесса.** Переработку хлебных злаков в муку можно разделить на следующие стадии:

- очистка зерна от примесей и выделение побочного продукта — кормовых зернопродуктов;
- обработка поверхности зерна сухим или мокрым способами;
- гидротермическая обработка (холодное или скоростное тепловое кондиционирование) зерна при сортовых помолах;
- драное (крупобразующее) измельчение зерна;
- шлифование крупных и средних крупок;
- размол продуктов крупобразования и шлифования;
- вымол сходовых продуктов крупобразования и размолла;
- формирование и контроль готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки зерна к помолу, в состав которого входят силосы, регулирующие и транспортные устройства для хранения и формирования помольных партий зерна; машины и аппараты для отделения примесей, отличающихся от зерна геометрическими размерами, формой, плотностью, магнитными и другими свойствами; машины и аппараты для гидротермической и механической обработки поверхности зерна; устройства для дозирования и контроля качества зерна.

В состав линии входят 4...5 крупобразующих (драных) комплексов оборудования, каждый из которых содержит магнитные сепараторы, вальцовые станки, рассева и ситовые машины. По ходу технологического процесса от первого до последнего комплекса крупность обрабатываемых частиц уменьшается. Мелкие фракции продуктов измельчения подвергают вымолу в бичевых и щеточных машинах.

Ведущими являются 9...12 размольных комплексов оборудования, включающих магнитные сепараторы, вальцовые станки, деташеры (или энтолейторы) и рассева. Первый, второй и третий комплексы по ходу технологического процесса предназначены для получения муки высшего сорта. В комплексах с четвертого по шестой получают муку высшего и первого сорта. Последующие комплексы размольного оборудования обеспечивают получение муки первого и второго сорта.



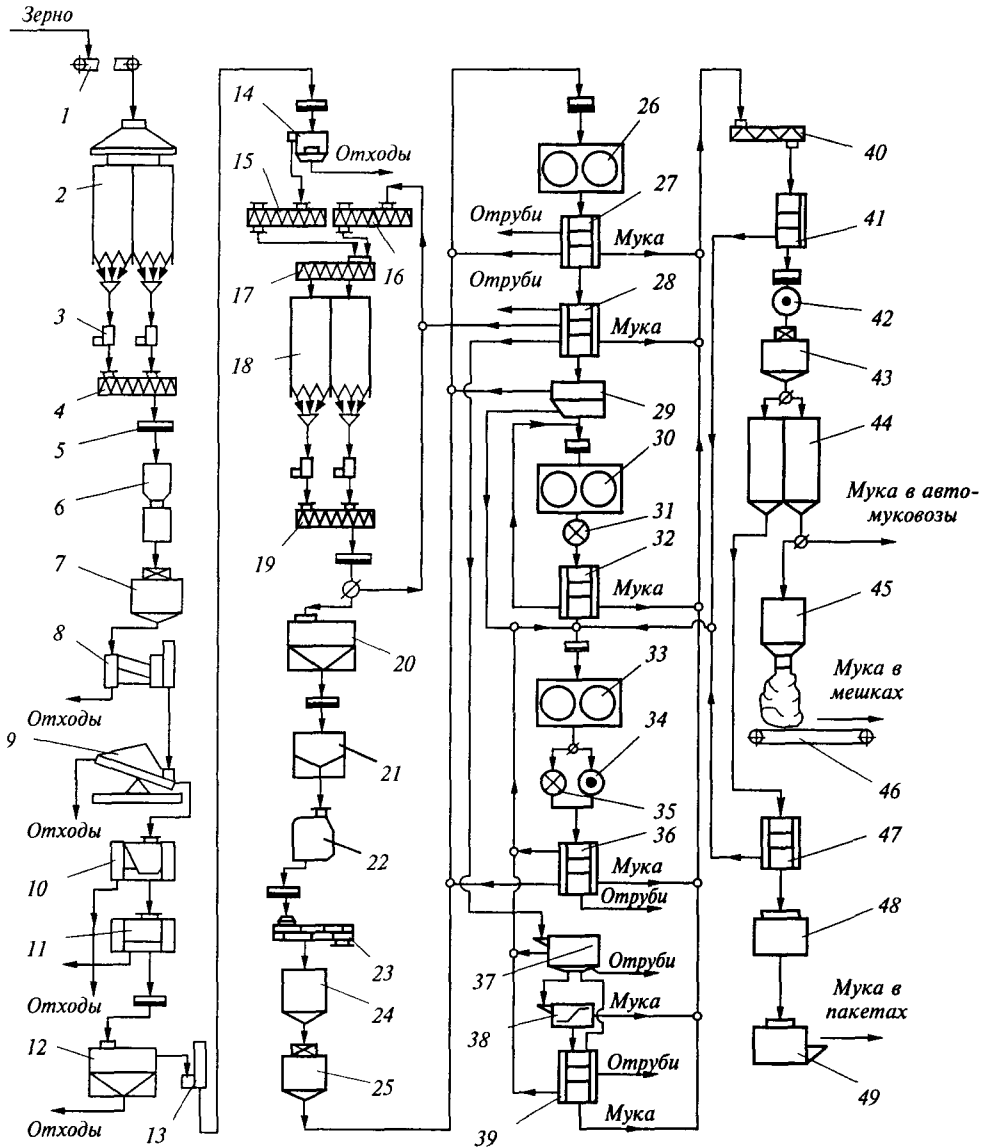


Рис. 2.1. Машинно-аппаратурная схема линии мукомольного производства

Завершающий комплекс включает оборудование для весового дозирования и смешивания групповых потоков (компонентов сортов муки), емкости для хранения готовой продукции, весовыбойные устройства и фасовочные машины.

На рис. 2.1 показан один из вариантов машинно-аппаратурной схемы линии мукомольного производства при сортовом помоле пшеницы.

**Устройство и принцип действия линии.** Предварительно очищенное зерно подают из элеватора на мукомольный завод цепными конвейерами 1 и загружают в си-

лосы 2. Силосы оборудованы датчиками верхнего и нижнего уровней, которые связаны с центральным пунктом управления. Зерно из каждого силоса выпускают через самотечные трубы, снабженные электропневматическими регуляторами потока зерна 3. С помощью регуляторов и винтового конвейера 4 в соответствии с заданной рецептурой и производительностью формируют помольные партии зерна.

Каждый поток зерна проходит магнитные сепараторы 5, подогреватель зерна 6 (в холодное время года) и весовой автоматический дозатор 7. Далее зерно подвергают многостадийной очистке от примесей. В зерноочистительном сепараторе 8 отделяют крупные, мелкие и легкие примеси. В камнеотделительной машине 9 выделяют минеральные примеси. Затем зерно очищается в дисковых триерах: куколеотборнике 10 и овсюгоотборнике 11, а также в магнитном сепараторе. Наружную поверхность зерна очищают в вертикальной обочной машине 12, а с помощью воздушного сепаратора 13 отделяют аспирационные отходы.

Далее зерно через магнитный сепаратор попадает в машину мокрого шелушения 14 и после гидрообработки системой винтовых конвейеров 15 и 17 зерно распределяется по силосам 18 для отволаживания. Силосы оборудованы датчиками уровня зерна, которые связаны с центральным пунктом управления. Система распределения зерна по отлежным силосам обеспечивает необходимые режимы отволаживания с различной продолжительностью и делением потоков в зависимости от стекловидности и исходной влажности зерна. После основного увлажнения и отволаживания предусмотрена возможность повторения этих операций через увлажнительный аппарат 16 и винтовой конвейер 17.

После отволаживания зерно через регулятор расхода, винтовой конвейер 19 и магнитный аппарат поступает в обочную машину 20 для обработки поверхности. Из этой машины зерно через магнитный аппарат попадает в энтолейтор-стерилизатор 21, а затем в воздушный сепаратор 22 для выделения легких примесей. Далее через магнитный аппарат его подают в увлажнительный аппарат 23 и бункер 24 для кратковременного отволаживания. Затем зерно взвешивают на автоматическом весовом дозаторе 25 и через магнитный аппарат направляют на измельчение в первую драную систему.

В каждую драную систему входят вальцовые станки 26, отсеивы драных систем 27, отсеивы сортировочные 28 и ситовые машины 29. Сортирование продуктов измельчения драных систем осуществляют последовательно в два этапа с получением на первом этапе крупной и частично средней крупки, а на втором — средней и мелкой крупки, дунстов и муки. В ситовых машинах 29 обогащают крупки и дунсты I, II и III драных систем и крупку шлифовочного процесса.

Обработке в шлифовальных вальцовых станках 30 подвергают крупную и среднюю крупку I, II и III драных систем после ее обогащения в ситовых машинах 29. Верхние сходы с сит отсеивов III и IV драных систем направляют в бичевые вымольные машины 37, проход последних обрабатывают в центрифугах 38. В размольном процессе применяют двухэтапное измельчение. После вальцовых станков 30 и 33 установлены деташеры 31 и 35 для разрушения конгломератов промежуточных продуктов измельчения зерна и энтолейторы 34 для стерилизации этих продуктов путем ударных воздействий.

В отсеивах 32, 36 и 39 из продуктов измельчения высевают муку, которая поступает в винтовой конвейер 40. Из него муку подают в отсеивы 41 на контроль, чтобы обеспечить отделение посторонних частиц и требуемую крупность помола. Далее муку через магнитный аппарат, энтолейтор 42 и весовой дозатор 43 распределяют в функциональные силосы 44. Из них обеспечивается бестарный отпуск готовой муки

на автомобильный и железнодорожный транспорт либо с помощью весовыбойного устройства 45 муку фасуют в мешки, которые конвейером 46 также передают на транспорт для отгрузки на предприятия-потребители муки. Перед упаковыванием в потребительскую тару муку предварительно просеивают на рассеве 47, упаковывают в бумажные пакеты на фасовочной машине 48. Пакеты с мукой группируют в блоки, которые заворачивают в полимерную пленку на машине для групповой упаковки 49. Полученные блоки из пакетов с мукой передают на транспортирование в торговую сеть.

## 2.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА-ПЕСКА ИЗ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Сахар — практически чистая сахароза ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), обладающая сладким вкусом, легко и полностью усваиваемая организмом, способствующая быстрому восстановлению затраченной энергии. Сахароза — это дисахарид, который под действием кислоты или фермента расщепляется на глюкозу и фруктозу (инвертный сахар). Сахароза может находиться в двух состояниях: кристаллическом и аморфном. По химической природе сахар является слабой многоосновной кислотой, дающей с оксидами щелочных и щелочноземельных металлов соединения — сахараты.

Инвертный сахар благодаря фруктозе гигроскопичен. Он предохраняет варенье от засахаривания, замедляет процесс черствения хлеба, предохраняет от высыхания кондитерские изделия (мармелад, пастилу, зефир, помадку и др.).

Сахароза хорошо растворяется в воде, при повышении температуры ее растворимость возрастает. В растворах сахароза является сильным дегидратором. Она легко образует пересыщенные растворы, кристаллизация в которых начинается только при наличии центров кристаллизации. Скорость этого процесса зависит от температуры, вязкости раствора и коэффициента пересыщения.

Исходным сырьем для получения сахара являются сахарная свекла и сахарный тростник. Благодаря более высокой урожайности сахарного тростника по сравнению с сахарной свеклой с каждого гектара его посевов получают сахара примерно в 2 раза больше, хотя содержание сахарозы в стеблях сахарного тростника несколько меньше, чем в сахарной свекле.

Сахарная промышленность выпускает следующие виды сахара:

— сахар-песок — сыпучий пищевой продукт белого цвета (без комков), имеющий сладкий вкус без посторонних привкусов и запахов (с содержанием влаги не более 0,14 %, сахарозы не менее 99,75 %, металлопримесей не более 3 мг на 1 кг сахара, с размерами на более 0,3 мм);

— сахар жидкий — жидкий пищевой продукт светло-желтого цвета, сладкий на вкус, без посторонних привкусов и запахов (с содержанием сахарозы не менее 99,80 % для высшей категории и не менее 99,5 % для первой категории, с содержанием сухих веществ не менее 64 %);

— сахар-рафинад — кусковой прессованный сахар, рафинадный сахар-песок и рафинадная пудра белого цвета, сладкие на вкус, без посторонних привкусов и запахов (с содержанием сахарозы не менее 99,9 %, редуцирующих веществ не более 0,03 %, влаги не более 0,2 %).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** На всех сахарных заводах России действует типовая схема получения сахара — песка из сахарной свеклы с непрерывным обессахариванием свекловичной стружки, прессованием жома и возвратом жомпрессовой воды в диффузионную установку, известково-углекислотной очисткой диффузионного сока, тремя кристаллизациями и аффинацией желтого сахара III кристаллизации. В корнеплодах сахарной свеклы содержится 20...25 % сухих веществ, из них содержание сахарозы колеблется от 14 до 18 %. Сахарозу извлекают из свеклы диффузионным способом. Полученный диффузионный сок содержит 15...16 % сухих веществ, из них 14...15 % сахарозы и около 2 % несахаров. Чтобы избавиться от несахаров проводят очистку диффузионного сока известью (дефекация) с последующим удалением ее избытка диоксидом углерода (сатурация). Для снижения цветности и щелочности фильтрованный сок II сатурации обрабатывают диоксидом серы (сульфитация). Сгущение сока ведут в два этапа: сначала его сгущают на выпарной установке до содержания сухих веществ 55...65 % (при этом сахароза еще не кристаллизуется), а затем после дополнительной очистки вязкий сироп на вакуум-аппарате сгущают до содержания сухих веществ 92,5...93,5 % и получают утфель. Готовый утфель I кристаллизации центрифугируют, получая кристаллы сахара и два оттека. Сахар-песок выгружают из центрифуги с содержанием влаги 0,8...1 % и высушивают горячим воздухом температурой 105...110 °С до 0,14 % (при бестарном хранении массовая доля влаги в сахаре-песке должна быть 0,03...0,04 %).

Норма потребления сахарозы составляет 75 г в день, включая сахар, находящийся в других пищевых продуктах. В настоящее время в России действует 95 свеклосахарных заводов, перерабатывающих в сутки 280 тыс. т свеклы. Период уборки сахарной свеклы длится 40...50 сут. в году. Средняя производственная мощность одного завода составляет 2,84 тыс. т переработки свеклы в сутки с коэффициентом извлечения сахара из свеклы 72 %.

**Стадии технологического процесса.** Процесс получения сахара-песка на свеклосахарных заводах складывается из следующих стадий:

- подача свеклы и очистка ее от примесей;
- получение диффузионного сока из свекловичной стружки;
- очистка диффузионного сока;
- сгущение сока выпариванием;
- варка утфеля и получение кристаллического сахара;
- сушка, охлаждение и хранение сахара-песка.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки свеклы к производству, состоящего из свеклоподъемной установки, гидротранспортера, песколовушка, ботволовушки, камнеловушки и водоотделителя, а также свекломоечной машины.

Ведущий комплекс оборудования линии состоит из конвейера с магнитным сепаратором, свеклорезки, весов, диффузионной установки, шнекового пресса и сушилки для жома.

Следующий комплекс оборудования представляют фильтры с подогревательными устройствами, аппараты предварительной и основной дефекации, сатураторы, отстаивники, сульфитаторы и фильтры.

Наиболее энергоемким комплексом оборудования линии является выпарная установка с концентратором, а также вакуум-аппараты, мешалки и центрифуги.

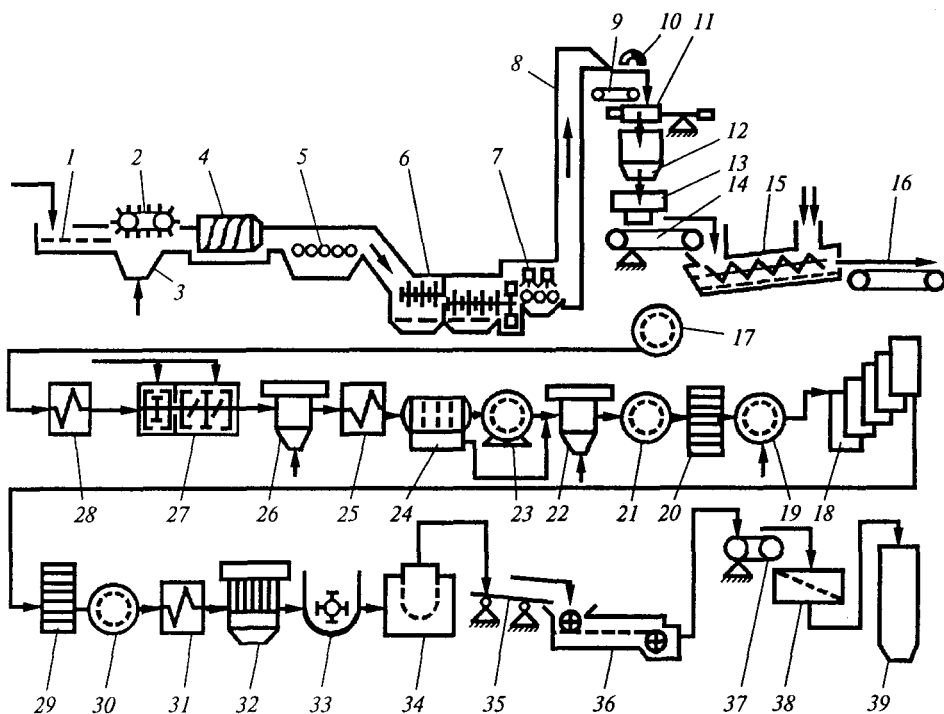


Рис. 2.2. Машинно-аппаратурная схема линии производства сахара-песка из сахарной свеклы

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из виброконвейера, сушильно-охладительной установки и вибросита.

Машинно-аппаратурная схема линии производства сахара-песка из сахарной свеклы представлена на рис. 2.2.

**Устройство и принцип действия линии.** Сахарная свекла подается в завод из бурочной или с кагатного поля. По гидравлическому конвейеру она поступает к свеклонасосам и поднимается на высоту до 20 м. Дальнейшее перемещение ее для осуществления различных операций технологического процесса происходит самотеком. По длине гидравлического конвейера 1 (рис. 2.2) последовательно установлены соломотоловухи 2, камнеловухи 4 и водоотделители 5. Это технологическое оборудование предназначено для отделения легких (солома, ботва) и тяжелых (песок, камни) примесей, а также для отделения транспортно-моечной воды. Для интенсификации процесса улавливания соломы и ботвы в углубление 3 подается воздух. Сахарная свекла после водоотделителей поступает в моечную машину 6.

Моечная машина предназначена для окончательной очистки свеклы (количество прилипшей земли составляет при ручной уборке 3...5 % свеклы, а при механизированной уборке комбайнами — 8...10 %).

Количество воды, подаваемой на мойку свеклы, зависит от степени ее загрязненности, конструкции машины и в среднем составляет 60...100 % к массе свеклы. В сточные воды гидравлического конвейера и моечной машины попадают отломившиеся хвостики свеклы, небольшие кусочки и мелкие корнеплоды (всего 1...3 % к

массе свеклы), поэтому транспортерно-мочные воды предварительно направляются в сепаратор для отделения от них хвостиков и кусочков свеклы, которые после обработки поступают на ленточный конвейер 14.

Отмытая сахарная свекла орошается чистой водой из специальных устройств 7, поднимается элеватором 8 и поступает на конвейер 9, где электромагнит 10 отделяет металлические предметы, случайно попавшие в свеклу. Затем свеклу взвешивают на весах 11 и из бункера 12 направляют в измельчающие машины-свеклорезки 13. Стружка должна быть ровной, упругой и без мезги, пластинчатого или ромбовидного сечения, толщиной 0,5...1,0 мм.

Свекловичная стружка из измельчающих машин с помощью ленточного конвейера 14, на котором установлены конвейерные весы, подается в диффузионную установку 15.

Сахар, растворенный в свекловичном соке корнеплода, извлекается из клеток противоточной диффузией, при которой стружка поступает в головную часть агрегата и движется к хвостовой части, отдавая сахар путем диффузии в движущуюся навстречу экстрагенту высолаживающую воду. Из конца хвостовой части агрегата выводится стружка с малой концентрацией сахара, а экстрагент, обогащенный сахаром, выводится как диффузионный сок. Из 100 кг свеклы получают приблизительно 120 кг диффузионного сока. Жом отводится из диффузионных установок конвейером 16 в цех для прессования, сушки и брикетирования.

Диффузионный сок пропускается через фильтр 17, подогревается в устройстве 28 и направляется в аппараты предварительной и основной дефекации 27, где он очищается в результате коагуляции белков и красящих веществ и осаждения ряда анионов, дающих нерастворимые соли с ионом кальция, содержащимся в известковом молоке (раствор извести). Известковое молоко вводится в сок с помощью дозирующих устройств.

Дефекованный сок подается в котел первой сатурации 26, где он дополнительно очищается путем адсорбции растворимых несахаров и особенно красящих веществ на поверхности частиц мелкого осадка  $\text{CaCO}_3$ , который образуется при пропускании диоксида углерода через дефекованный сок. Сок первой сатурации подается через подогреватель 25 в гравитационный отстойник 24. В отстойниках сок делится на две фракции: осветленную (80 % всего сока) и сгущенную суспензию, поступающую на вакуум-фильтры 23.

Фильтрованный сок первой сатурации направляется в аппараты второй сатурации 22, где из него удаляется известь в виде  $\text{CaCO}_3$ .

Сок второй сатурации подается на фильтры 21. Соки сахарного производства приходится фильтровать несколько раз. В зависимости от цели фильтрования используются различные схемы процесса и фильтровальное оборудование.

Отфильтрованный сок из фильтра 21 подается в котел сульфитации 20. Цель сульфитации — уменьшение цветности сока путем обработки его диоксидом серы, который получают при сжигании серы.

Сульфитированный сок направляют на станцию фильтров 19, а затем транспортируют через подогреватели в первый корпус выпарной станции 18. Выпарные установки предназначены для последовательного сгущения очищенного сока второй сатурации до концентрации густого сиропа; при этом содержание сухих веществ в продукте увеличивается с 14...16 % в первом корпусе до 65...70 % (сгущенный сироп) в последнем. Свежий пар поступает только в первый корпус, а последующие

корпуса обогреваются соковым паром предыдущего корпуса. Площадь поверхности нагрева выпарной станции сахарного завода производительностью 5000 т свеклы в сутки составляет 10 000 м<sup>2</sup>.

Полученный сироп направляется в сульфитатор 29, а затем на станцию фильтрации 30. Фильтрованный сироп подогревается в подогревателе 31, откуда поступает в вакуум-аппараты первого продукта 32. Сироп в вакуум-аппаратах уваривается до пересыщения, сахар выделяется в виде кристаллов. Продукт, полученный после уваривания, называется утфелем. Он содержит около 7,5 % воды и около 55 % выкристаллизовавшегося сахара.

Сироп уваривают в периодически действующих вакуум-аппаратах. Утфель первой кристаллизации из вакуум-аппаратов поступает в приемную утфелемешалку 33, откуда его направляют в распределительную мешалку, а затем в центрифуги 34, где под действием центробежной силы кристаллы сахара отделяются от межкристалльной жидкости. Эта жидкость называется первым оттеком. Чистота первого оттека 75...78 %, что значительно ниже чистоты утфеля.

Чтобы получить из центрифуги белый сахар, его кристаллы промывают небольшим количеством горячей воды — пробеливают. При пробеливании часть сахара растворяется, поэтому из центрифуги отходит оттек более высокой чистоты — второй оттек.

Второй и первый оттеки подают в вакуум-аппарат второй (последней) кристаллизации, где получают утфель второй кристаллизации, содержащий около 50 % кристаллического сахара. Этот утфель постепенно охлаждают до температуры 40 °С при перемешивании в утфелемешалках - кристаллизаторах. При этом дополнительно выкристаллизовывается еще некоторое количество сахара. Наконец, утфель второй кристаллизации направляется в центрифуги, где от кристаллов сахара отделяется меласса, которая является отходом сахарного производства, так как получение из нее сахара путем дальнейшего сгущения и кристаллизации нерентабельно. Желтый сахар второй кристаллизации рафинируют первым оттеком, полученный утфель направляется в распределительную мешалку, а затем в центрифуги. Полученный сахар растворяется, и сок поступает в линию производства.

Белый сахар, выгружаемый из центрифуг 34, имеет температуру 70 °С и влажность 0,5 % при пробеливании паром или влажность 1,5 % при пробеливании водой. Он попадает на виброконвейер 35 и транспортируется в сушильно-охладительную установку 36.

После сушки сахар-песок поступает на весовой ленточный конвейер 37 и далее на вибросито 38. Комочки сахара отделяются, растворяются и возвращаются в продуктовый цех.

Товарный сахар-песок поступает в силосные башни 39 (склады длительного хранения).

### 2.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Сырьем для производства картофельного крахмала служит картофель. Средний химический состав клубня картофеля состоит из 75 % воды и 25 % сухих веществ, из которых 18,5 % крахмала, 2 % азотистых веществ, 1 % клетчатки, 0,9 % минеральных веществ, 0,8 % сахара, 0,2 % жира и 1,6 % прочих веществ (пектиновые, пентозаны и др.).

Расход картофеля с крахмалистостью 14,8 % на 1 т сухих веществ крахмала составляет 7,95 т. В зависимости от качества картофельный сырой крахмал подразделяют на три сорта: I, II, III. Крахмал I и II сорта должен иметь белый однородный цвет и запах, свойственный крахмалу. Крахмал III сорта может быть сероватым, без прожилков, пятен и темных вкраплений, допускается слабый кисловатый, но не затхлый запах.

Сырой крахмал — скоропортящийся продукт, не подлежащий длительному хранению. Сырой картофельный крахмал в холодное время года хранят наливным способом или на складах, при этом емкость с осевшим крахмалом заливают чистой водой, добавляя туда около 0,05 % диоксида серы. Наиболее надежный способ хранения крахмала — в замороженном состоянии.

В производстве картофельного крахмала степень использования сырья характеризуется коэффициентом извлечения крахмала, который колеблется от 82 до 88 %. Выход крахмала зависит от содержания его в перерабатываемом картофеле и от потерь крахмала с побочными продуктами и сточными водами. Основные потери крахмала в производстве происходят с мезгой в виде связанного крахмала (около 40 %) и свободного крахмала (3...4 %), что составляет около 1,7 % массы переработанного картофеля.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Картофель подают на производство с помощью гидравлического транспортера, при этом частично отделяют легкие примеси, песок и землю. Мойку картофеля в моечных машинах комбинированного типа, при этом процесс мойки составляет 10...14 мин.

Картофель измельчают на терочных машинах, принцип работы которых состоит в истирании клубней поверхностью, состоящей из пилок с мелкими зубьями. Измельчение проводят дважды. При первом измельчении используют пилки с высотой зубьев 1,5...1,7 мм, при повторном (перетир) — 1,0 мм.

Полученная после терочных машин картофельная кашка представляет собой смесь, состоящую из взорванных клеточных стенок, крахмальных зерен и картофельного сока. Важная задача получения картофельного крахмала — скорейшее выделение из кашки сока при минимальном его разбавлении. Контакт сока с крахмалом ухудшает качество крахмала, вызывая его потемнение в связи с окислением тирозина, снижает вязкость крахмального клейстера, способствует образованию пены, слизи и других нежелательных явлений.

После отделения картофельного сока на осадочных центрифугах кашку направляют на ситовые аппараты или на гидроциклонные установки, где от нее отделяют и промывают крупную и мелкую мезгу, осаждают и промывают крахмал. Полученная здесь крахмальная суспензия имеет концентрацию 12...14 % и содержит некоторое количество мелкой мезги (4...8 %), водорастворимых веществ (0,1...0,5 %) и сильно разбавленного картофельного сока. Поэтому ее подвергают двухступенчатому рафинированию, после чего крахмальную суспензию с концентрацией 7...9 % подают на пеногасящее устройство и на песковые гидроциклоны. Далее крахмал обезвоживают и высушивают.

**Стадии технологического процесса.** Переработку картофеля на крахмал можно разделить на следующие стадии:

- мойка и взвешивание картофеля;
- тонкое измельчение картофеля (получение кашки);
- выделение свободного крахмала из кашки;
- отделение и промывание мезги;
- рафинирование крахмального молока;
- промывание крахмала.



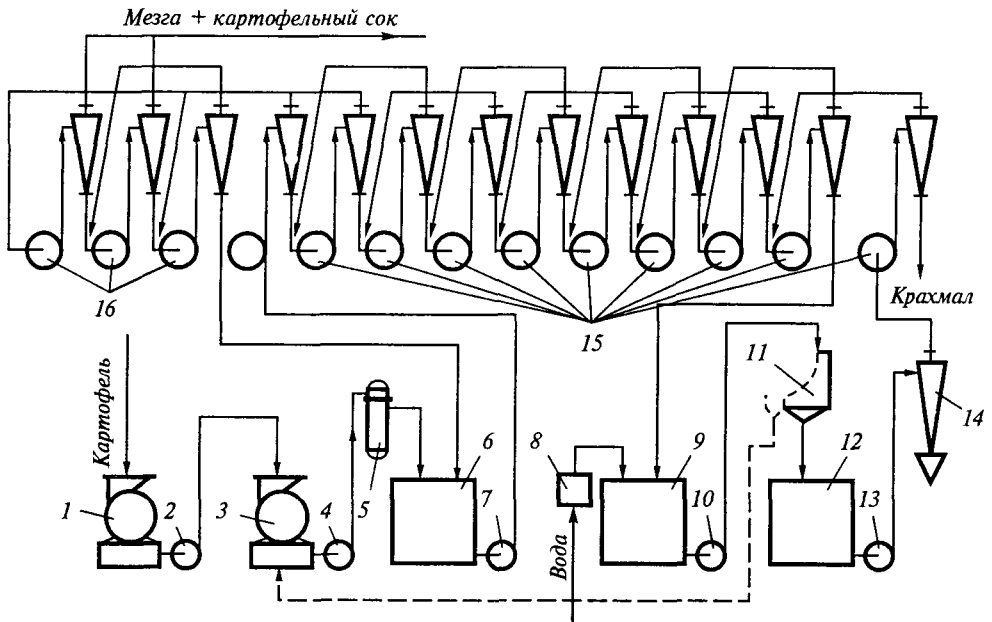


Рис. 2.3. Машинно-аппаратурная схема линии производства картофельного крахмала

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки клубней картофеля к переработке, в состав которого входят гидравлические транспортеры, моечные машины типа КМЗ-57М, снабженные ботво-, песко- и камнеловушками, а также автоматические весы с откидным днищем.

Ведущим является комплекс оборудования для тонкого измельчения картофеля, включающий терочные машины типа ЗТ-350 или ПКИ-200, насосы, фильтры и сборники накопители.

В состав линии входит комплекс оборудования, состоящий из шнековой осадительной центрифуги типа ОГШ, приемных сборников для кашки и вспомогательного оборудования.

Завершающий комплекс включает оборудование: центробежные ситовые аппараты; барабанно-струйные или центробежно-лопастные, а также гидроциклоны, включающие несколько ступеней мультициклонов для выделения мезги и промывки крахмала.

На рис. 2.3 показана машинно-аппаратурная схема линии производства картофельного крахмала.

**Устройство и принцип действия линии.** В настоящее время на предприятиях осуществляют внедрение новой технологической схемы производства картофельного крахмала с использованием гидроциклонных установок. При работе разделение картофельной кашки производят на гидроциклонах с получением очищенной суспензии крахмала и смеси мезги и картофельного сока.

При работе отмытый картофель измельчают на терках 1 и кашку насосом 2 перекачивают на второе измельчение к теркам 3. На второе измельчение подают также надситовый продукт с дуговых рафинированных сит 11. После второго измельчения

кашку насосом 4 перекачивают через самоочищающийся фильтр 5 в сборник-накопитель 6. В этом сборнике происходит смешивание кашки с густым крахмальным сходом, поступающим с обескрахмаливающих гидроциклонов 16. Из сборника 6 насосом 7 разбавленную кашку подают на станцию гидроциклонов 15, включающую 9 ступеней мультициклонов для выделения мезги и промывки крахмала.

Густой крахмальным сходом с предпоследней ступени мультициклонов направляют в сборник 9, куда через фильтр 8 подают свежую воду, предназначенную для промывки крахмала. Для контрольной очистки крахмала от мезги суспензию из сборника 9 насосом 10 направляют на рафинировальное сито 11. Мезгу (надситовый продукт) возвращают в производство на второе измельчение, а суспензию собирают в сборнике 12. Из последнего насосом 13 суспензию через песковый гидроциклон 14 подают на последнюю ступень гидроциклонной установки.

В результате обработки получают суспензию крахмала концентрацией 37...40 %, содержание в ней мезги составляет 0,01...0,02 % (к сухим веществам), растворимых веществ до 0,05 %.

Жидкие сходы с первой и второй ступени гидроциклонной установки содержат мезгу, крахмал, их жидкая фаза представлена в основном картофельным соком. Обескрахмаливание смеси мезги и картофельного сока осуществляют на трехступенчатой установке 16. После обескрахмаливания смесь содержит сухих веществ 7...9 %, свободного крахмала 2,1...9 г/л. Содержание сухих веществ в жидкой фазе 4...5 %. При переработке 1 т картофеля получают около 1 т смеси и картофельного сока. Ее используют для скармливания скоту.

#### 2.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА ИЗ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Растительные масла — сложные смеси органических веществ — липидов, выделяемых из тканей растений (подсолнечник, хлопчатник, лен, клещевина, рапс, арахис, оливки и др.) В России выпускают следующие виды растительных масел: рафинированное (дезодорированное и недезодорированное), гидратированное (высший, I и II сорта), нерафинированное (высший, I и II сорта). Согласно стандарту в готовом масле определяют органолептически следующие показатели: прозрачность, запах и вкус, цветное и кислотное число, влагу, наличие фосфоросодержащих веществ, йодное число и температуру вспышки экстракционного масла.

В состав растительных масел, получаемых из семян, входят 95...98 % триглицеридов, 1...2 % свободных жирных кислот, 1...2 % фосфолипидов, 0,3...0,1 % стеридов, а также каротиноиды и витамины. Из ненасыщенных жирных кислот в составе масел преобладают олеиновая, линолевая, линоленовая, которые составляют 80...90 % общего содержания жирных кислот. Так, в подсолнечном масле содержится 55...71 % линолевой и 20...40 % олеиновой кислот.

Сырьем для производства растительных масел служат в основном семена масличных культур, а также мякоть плодов некоторых растений. По содержанию масла семена подразделяют на три группы: высокомасличные (свыше 30 % — подсолнечник, арахис, рапс), среднемасличные (20...30 % — хлопчатник, лен) и низкомасличные (до 20 % — соя).

В России основной масличной культурой является подсолнечник. Он относится к семейству сложноцветных. Род подсолнечника насчитывает 28 видов, большинство из которых являются многолетниками. Подсолнечник масличный относится к однолетним культурам. Плод подсолнечника — удлиненная клиновидная семянка, состоящая из кожуры (лузги) и белого семени (ядра), покрытого семенной оболочкой. На долю лузги приходится 22...56 % от общей массы семянки. Содержание масла в семенах подсолнечника превышает 50 % и в чистом ядре составляет 70 %.

Отделенная от ядра подсолнечника лузга используется в качестве сырья для получения фурфурола. Подсолнечный жмых (остаток ядра после отжима масла) является одним из наиболее ценных видов кормов для сельскохозяйственных животных. Корзинки подсолнечника используют для получения пектина и других продуктов.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В практике производства растительных масел существуют два принципиально различных способа извлечения масла из растительного маслосодержащего сырья: механический отжим масла — прессование и растворение масла в легколетучих органических растворителях — экстракция. Эти два способа производства растительных масел используются либо самостоятельно, либо в сочетании одного с другим.

В настоящее время для извлечения масла сначала используют способ прессования, при котором получают  $\frac{3}{4}$  всего масла, а затем — экстракционный способ, с помощью которого извлекают остальное масло.

Прессуют масло на непрерывно действующих прессах шнекового типа (форпрессах и экспеллерах). При увеличении давления частицы мезги сближаются, масло отжимается, а прессуемый материал уплотняется в монолитную массу жмых (ракушку). При этом в жмыхе остается 5...8 % масла (от массы жмыха).

В процессе экстракции в остатке, который называют шротом, остается не более 0,8...1,2 % масла. В качестве растворителей применяют экстракционный бензин, гексан, ацетон, дихлорэтан и др. Лучше всего применять бензин с интервалом температуры кипения 70...85 °С, что позволяет отгонять его из масла при более мягких условиях.

Масло, которое находится на поверхности вскрытых клеток, при омывании бензином легко растворяется в нем. Значительное количество масла находится внутри не вскрытых клеток или внутри замкнутых полостей (капсоль).

Извлечение этого масла требует проникновения растворителя внутрь клетки и капсоль и выхода растворителя в окружающую среду. Процесс этот происходит за счет молекулярной и конвективной диффузии.

В результате экстракции получают раствор масла в растворителе, называемый мисцеллой, и обезжиренный материал — шрот. Концентрация масла в мисцелле 12...20 %.

Из экстрактора (шнекового или ленточного) мисцеллу направляют на фильтрацию для удаления из нее механических примесей. Отфильтрованную мисцеллу и шрот направляют на отгонку из них растворителей. Эту операцию называют дистилляцией, которая проходит в две стадии. Сначала отгоняют основную часть растворителя при 80...90 °С до концентрации масла в мисцелле 75...80 %. Затем дистилляцию осуществляют в вакууме при 110...120 °С с продувкой острого пара.

Процесс очистки масла от нежелательных групп липидов и примесей называют рафинацией. Механическая рафинация включает различные физические методы: отстаивание, фильтрацию и центрифугирование. Гидратация масла — обработка водой для осаждения слизистых и белковых веществ. Щелочной рафинацией называют обработку масел щелочью. Адсорбционная рафинация (отбеливание) — удаление и осветление масла порошкообразными веществами (адсорбентами — глиной, кремнеземистыми соединениями, силикагелем, углями и др.). Дезодорация — устранение неприятного запаха масла методом фракционной отгонки, основанной на различиях в температурах кипения триглицеридов и ароматизирующих веществ.

**Стадии технологического процесса.** Производство растительного масла состоит из следующих стадий:

- очистка и сушка семян;
- отделение чистого ядра и его измельчение;
- пропарка и жарение мезги;
- извлечение масла (прессование и экстрагирование);
- очистка (рафинация) масла;
- фасование и хранение.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для очистки и сушки семян, состоящего из весов, силосов, сепараторов, магнитных уловителей, расходных бункеров и сушилок.

Следующим идет комплекс оборудования для отделения чистого ядра и его измельчения (дисковая мельница, аспирационная веялка и пятивальцовый станок).

Основным является комплекс оборудования для пропаривания и жарения мезги, состоящий из шнековых или чанных жаровен.

Ведущим комплексом оборудования линии являются шнековый пресс и экстракционный аппарат.

Далее следует комплекс оборудования линии для очистки масла, состоящий из дистилляторов, отстойников, сепараторов, фильтр-прессов, нейтрализаторов и вакуум-сушильных аппаратов.

Завершающим является комплекс финишного оборудования линии, состоящего из весов, машин упаковочной и для укладки пачек фасованного масла в ящики.

Машинно-аппаратурная схема линии производства растительного масла из семян подсолнечника представлена на рис. 2.4.

**Устройство и принцип действия линии.** Поступающие на кратковременное хранение в силос 2 семена подсолнечника предварительно взвешивают на весах 1. Семена могут содержать большое количество примесей, поэтому перед переработкой их дважды очищают на двух - и трехситовых сепараторах 3 и 4, а также на магнитном уловителе 5. Примеси растительного происхождения, отделяемые на сепараторах, собирают и используют в комбикормовом производстве.

Очищенные от примесей семена взвешивают на весах 6 и подают в расходный бункер 7, откуда они транспортируются в шахтную сушилку 8, состоящую из нескольких зон. Сначала семена сушат, а затем охлаждают. В процессе тепловой обработки их влажность уменьшается с 9...15 до 2...7 %. Температура семян во время сушки около 50 °С, после охлаждения 35 °С. Высушенные семена проходят контроль на весах 9, а затем направляются в силосы 2 на длительное хранение или в промежуточный бункер 10 для дальнейшей переработки.

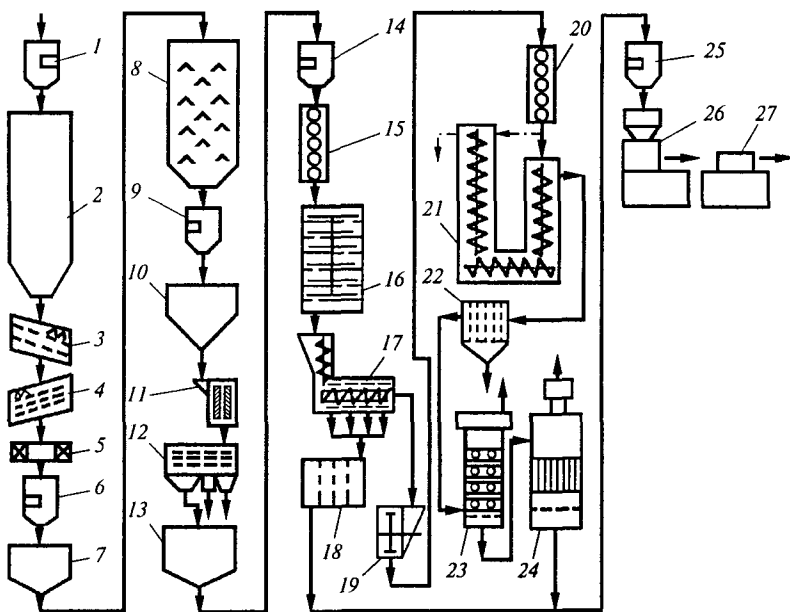


Рис. 2.4. Машинно-аппаратурная схема линии производства подсолнечного масла

Дальнейшая переработка семян заключается в максимальном отделении оболочки от ядра. Этот процесс предусматривает две самостоятельные операции: шелушение (обрушивание) семян и собственно отделение оболочки от ядра (отвеивание, сепарирование). Семена шелушат на дисковой мельнице 11, куда они поступают из промежуточного бункера 10. Рушанка, получаемая из семян после мельницы, представляет собой смесь, состоящую из частиц, различных по массе, форме, парусности и размерам. В рушанке присутствуют целые ядра, их осколки, ряд разнообразных по величине и форме частиц оболочки и, наконец, целые семена - недорущ. Поэтому для отделения оболочки от ядра в основном применяют аспирационные веялки — воздушно-ситовые сортирующие машины. Из такой машины 12 ядро подается в промежуточный бункер 13, а все остальные части смеси обрабатываются для выделения целых ядер и обломков семян подсолнечника, которые вместе с целыми ядрами поступают на дальнейшую переработку.

После взвешивания на весах 14 ядра подсолнечника измельчаются на пятивальцовом станке 15. Процесс измельчения может осуществляться за один раз либо за два раза — предварительно и окончательно. При измельчении происходит разрушение клеточной структуры ядер подсолнечника, что необходимо для создания оптимальных условий для наиболее полного и быстрого извлечения масла при дальнейшем прессовании или экстрагировании.

Продукт измельчения — мезга — со станка 15 поступает в жаровню 16, в которой за счет влажностно-тепловой обработки достигается оптимальная пластичность продукта и создаются условия для облегчения отжима масла на прессах. При жарении влажность мезги понижается до 5...7%, а температура повышается до 105...115 °С.

Из шнекового пресса 17, в который после жаровни подается мезга, выходят два продукта: масло, содержащее значительное количество частиц ядра и потому очищаемое в фильтр-прессе 18, и жмых, содержащий 6,0...6,5 % масла, которое необходимо извлечь из него. Поэтому в дальнейшем гранулы жмыха подвергаются измельчению в молотковой дробилке 19 и вальцовом станке 20, а продукт измельчения — экстрагированию в экстракционном аппарате 21. Аппарат имеет две колонны, соединенные перемычкой, в которых расположены шнеки, транспортирующие частицы жмыха из правой колонны в левую. Противотоком к движению жмыха перемещается экстрагирующее вещество — бензин, являющийся летучим растворителем. В связи с тем что бензин в смеси с воздухом воспламеняется при температуре около 250 °С, на экстракционных заводах температура перегрева технологического пара не должна превышать 220 °С.

Посредством диффузии масло извлекается из разорванных клеток жмыха, растворяясь в бензине. Смесь масла, бензина и некоторого количества частиц вытекает из правой колонны экстрактора 21 и направляется в отстойник или патронный фильтр 22.

Из левой экстрагирующей колонны аппарата 21 выводится обезжиренный продукт, который называется шротом. После извлечения из него остатков бензина шрот направляется на комбикормовые заводы.

Очищенный от твердых частиц раствор масла в бензине — мисцелла — подается на дистилляцию. В предварительном дистилляторе 23 мисцелла нагревается до 105...115 °С, и из нее при атмосферном давлении частично отгоняются пары бензина. В окончательном дистилляторе 24, работающем под разрежением, из мисцеллы удаляются остатки бензина, и очищенное масло подается на весы 25. После весового контроля масло подается в упаковочную машину 26, а в машине 27 пачки фасованного масла укладываются в ящики.

## 2.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВИНОМАТЕРИАЛОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Виноматериалы получают в результате спиртового брожения продуктов первичной переработки винограда. Для производства виноматериалов пригоден виноград, достигший технической зрелости или увяленный не более чем до 40% сахаристости. Качество винограда определяют по внешнему виду, кислотности и сахаристости его сока.

Основными полуфабрикатами являются мезга — дробленый виноград и суслвиноградный сок. Мезгу сортов винограда, содержащих красящие и дубильные экстрактивные вещества, используют для получения красных виноматериалов. Из суслвиноградных сортов винограда, сок которых не окрашен, готовят белые виноматериалы.

Различают необработанный и обработанный виноматериал. Обработанным называют виноматериал, приготовленный по установленным технологическим схемам, прошедшим технологическую обработку и выдержку. Виноматериал, в принципе, должен быть пригоден для розлива в бутылки (после отдыха и фильтрации) и реализации в качестве столового вина.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** С момента сбора винограда до начала его переработки допустим промежуток времени не более 4 ч. Поэтому производство виноматериалов является сезонным и размещается вблизи виноградников. Виноград доставляют на переработку в основном автотранспортом в специальных контейнерах, на самосвалах или прицепных тележках.

Способ получения полуфабрикатов существенно влияет на качество виноматериалов. Высококачественный материал получают из самотечного сусла, выделенного из мезги ягод винограда, раздавленных между валками. В результате полного сбраживания натурального виноградного сока получают сухой виноматериал. При производстве красных виноматериалов сброженный виноматериал пропускают через экстрактор, содержащий свежую мезгу. Красящие вещества в основном содержатся в кожице ягод винограда. Белые и красные сухие виноматериалы используют для производства марочных вин и шампанского, а также столовых вин.

Выход самотечного сусла не превышает 55% от массы перерабатываемого винограда. Увеличение выхода виноматериалов связано с интенсификацией процессов дробления винограда и выделения из мезги сусла. Для этого используют ударно-центробежные воздействия при дроблении винограда, а мезгу при отделении сусла подвергают сжатию (прессованию). В результате общий выход сусла достигает 80% от массы винограда. Однако по сравнению с самотечным в прессовом сусле повышается содержание взвесей частиц оболочки и мякоти, дубильных веществ и металла.

Из прессового сусла получают крепленые виноматериалы путем приостановки естественного процесса брожения при добавлении в виноматериал спирта-ректификата.

Транспортирование виноматериалов на предприятия вторичного виноделия осуществляют в железнодорожных или автомобильных цистернах вместимостью от 7 до 28 м<sup>3</sup> либо в деревянных бочках.

**Стадии технологического процесса.** Производство виноматериалов включает следующие основные стадии и операции:

- приемку, контроль качества, хранение и транспортирование винограда;
- дробление винограда и отделение гребней;
- отделение сусла-самотека и прессового сусла;
- осветление и очистку сусла;
- брожение сусла;
- осветление и очистку виноматериалов;
- хранение и транспортирование виноматериалов.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальный комплекс оборудования линии включает бункера-питатели, валковые или ударно-центробежные дробилки-гребнеотделители, сульфитодозировочные установки. Этот комплекс обеспечивает переработку винограда в стерилизованную мезгу.

Ведущий комплекс оборудования линии состоит из камерных или шнековых стекателей и прессов периодического или непрерывного действия. В стекателях под действием гравитации из мезги выделяется сусло-самотек, а прессы из остатков мезги отжимают прессовую фракцию сусла.

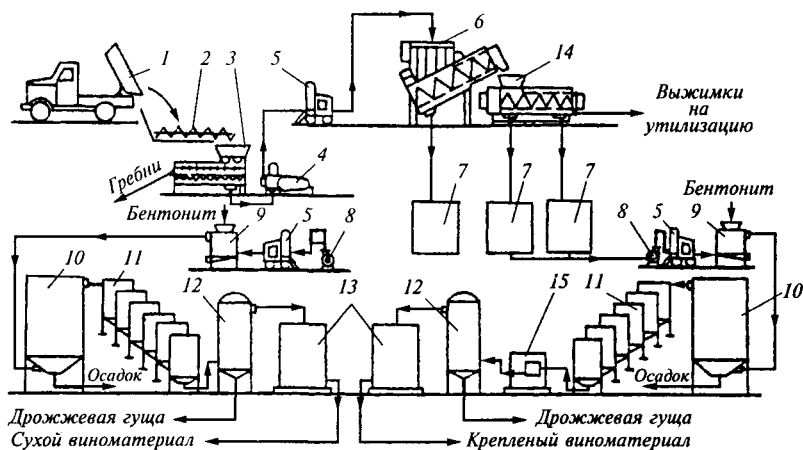


Рис. 2.5. Машинно-аппаратурная схема линии производства белых виноматериалов

Каждую из полученных фракций суслу перерабатывают в сухой или крепленый виноматериал при помощи одинаковых комплексов оборудования. В такой комплекс входят сульфитодозировочные установки, отстойники, бродильные аппараты, спиртодозаторы и резервуары для хранения виноматериалов. Применяют металлические, железобетонные или деревянные резервуары вместимостью от 15 до 270 м<sup>3</sup>.

На рис. 2.5 изображена машинно-аппаратурная схема линии для производства белых виноматериалов.

**Устройство и принцип действия линии.** Виноград доставляется специальным автотранспортом 1 и шнековым питателем 2 подается в дробилки-гребнеотделители 3, в которых одновременно с раздавливанием ягод винограда отделяются гребни. Раздавленный виноград (мезга) насосом 4 перекачивается в стекатель 6 для отделения суслу-самотека.

Из стекателя мезга направляется в пресс 14, после ее обработки получают пресовое сусло.

Стерилизацию мезги и суслу обеспечивают путем насыщения их сернистым ангидридом при помощи сульфитаторов 5.

Суслу-самотек и пресовое сусло очищаются в осветлителях 10 непрерывного действия. В осветлители суслу подается из сборников 7 насосами 8 через специальные аппараты 9, в которых оно обрабатывается бентонитом для ускорения процесса осветления. После введения чистой культуры дрожжей осветленное суслу-самотек подается в установку непрерывного брожения 11, представляющую собой систему резервуаров, соединенных между собой. В основу работы установки заложен принцип создания перепадов избыточного давления за счет выделяющегося при брожении диоксида углерода, воздействующего на находящееся внутри резервуара суслу и способствующего перетеканию его из одного резервуара в другой по переливным трубам. Во время брожения поддерживается оптимальная температура (14...18°C) суслу.



По завершении процесса брожения виноматериал осветляется в емкостях 12 и направляется на хранение в резервуар 13.

Аналогичным образом устроен и работает комплекс оборудования для обработки прессовой фракции сусла. Но при производстве крепленых виноматериалов частично сброженное сусло спиртуется в спиртодозаторах 15.

## 2.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТНОГО СОКА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Томатный сок получают из зрелых томатов в виде однородной массы, содержащей мякоть, и консервируют его натуральным с добавлением 0,6...1,0 % поваренной соли. Томатные соки имеют низкую кислотность и рН 5,5...6,5, что создает благоприятные условия для развития микроорганизмов, в том числе спорообразующих. По этой причине соки стерилизуют при температуре 120 °С в течение 20...30 мин. Для смягчения режимов стерилизации соки подкисляют до рН 3,7...4,0 органическими пищевыми кислотами или смешивают с соками из более кислых плодов и овощей. Томатный сок выпускают натуральным или концентрированным.

Консервированный томатный сок должен обладать приятным натуральным вкусом и запахом, иметь красивый красный или оранжево-красный цвет. Содержание сухих веществ в соке должно быть не менее 4,5 % по рефрактометру. Для предупреждения разрушения витаминов в томатном соке содержание солей тяжелых металлов не должно превышать 5 мг меди и 100 мг олова в 1 л сока (содержание свинца не допускается).

По внешнему виду томатный сок должен иметь однородный с наличием взвешенных тонко измельченных частиц мякоти. Вкус сока зависит от соотношения сахаров и кислот. Общее количество сахаров (глюкозы и фруктозы) составляет 2,1...3,7 %. В соке содержится 1,4...4,4 мг/100 г ликопина и 0,06...0,32 мг/100 г каротина. Оптимальная витаминизация обеспечивается при содержании в соке 6...7 % мякоти. Содержание витамина С в соке составляет 10,2...23,0 мг/100 г, причем в процессе хранения потери витамина могут достигать 50 %. В состав минеральных веществ входят калий, кальций, натрий, магний, железо и др. В ароматических веществах томатов определено 36 компонентов: ацетальдегид, этанол, пропанол и др., в том числе ненасыщенные соединения, измененные содержания которых отрицательно влияют на вкус сока.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Для производства томатного сока используют томаты вполне здоровые, интенсивно окрашенные (желательно ручного сбора). Отсортированные томаты измельчают, семена отделяют и промывают, сушат и используют как посевной материал.

Дробленые томаты протирают через сита с целью удаления грубых включений: плодоножек, зеленых частей плодов и возможных примесей. Протертую массу нагревают с целью инактивирования окислительных и пектолитических ферментов, а также уничтожения микроорганизмов и облегчения протирания. Необходимая температура нагревания  $75 \pm 5$  °С должна быть достигнута по возможности быстро, чтобы прекратить деятельность пектолитических ферментов.

Если нагревание сока проводится медленно, томатная масса некоторое время находится при температуре 50...60 °С, что приводит к разрушению растворимого пектина. Сок из медленно нагретых томатов имеет низкую вязкость и склонен к

расслаиванию. Быстрое инактивирование пектолитических ферментов достигается путем инъекции пара в томатную массу. Вязкость сока при этом может сохраняться на уровне 95 % первоначальной, но возможно разбавление сока конденсатом.

Томатный сок фасуют в стеклянные или жестяные банки, а также в бумажные пакеты. После эксгаустирования стеклянные банки с соком герметично укупуривают и направляют на стерилизацию или пастеризацию.

Концентрированный томатный сок содержит 40 % растворимых сухих веществ, 21,5 % сахара, органических кислот 3,85 %, каротина 2,23 мг/100 г, витамина С 96,8 мг/100 г. При употреблении его разводят до плотности натурального и употребляют как напиток.

**Стадии технологического процесса.** Консервирование томатного сока можно разделить на следующие стадии:

- очистка, мойка и сортировка сырья;
- дробление (измельчение) томатов;
- нагревание и экстракция томатной массы;
- центрифугирование и протирка тоματοпродуктов;
- фасование, стерилизация (пастеризация) сока.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для очистки, мойки и сортировки сырья, в состав которого входят вентиляторные моечные машины, транспортеры и гидролотки.

В состав линии входит комплекс оборудования для дробления (измельчения) томатов, состоящий из дробилок, емкостей и насосов.

Ведущим является комплекс оборудования, включающий вакуум-подогреватели с вакуум-бачками и шнековые прессы со сборниками.

Следующий комплекс оборудования представляют центрифуги или протирачные машины.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из фасовочно-укупорочных машин, стерилизаторов и пастеризаторов.

Машинно-аппаратурная схема линии производства томатного сока представлена на рис. 2.6.

**Устройство и принцип действия линии.** Линия консервирования томатного сока состоит из двух последовательно расположенных вентиляторных моечных машин, роликового инспекционного транспортера, гидролотка, дробилки, сборника дробленой массы, насоса, двух сдвоенных вакуум-подогревателей, прессы, сборника экстрагированного сока, сдвоенного вакуум-подогревателя экстрагированного сока, сборника подогретого сока, жидкостного наполнителя, закаточной машины, оборудования для стерилизации готовой продукции.

Двукратная мойка в вентиляторных моечных машинах 1 обеспечивает полное удаление загрязнений. При перемещении томатов на транспортере 2 сырье за счет вращения роликов переворачивается, что позволяет качественно осуществлять его сортировку и инспекцию. Гидролоток 3 под транспортером предназначен для удаления отходов.

Проинспектированное сырье ополаскивается водой на наклонном участке транспортера, после чего измельчается в дробилке 4. Дробленая масса собирается в емкость 11, откуда перекачивается насосом 7 в сдвоенный вакуум-подогреватель 12 с вакуум-бачком 10, где нагревается до температуры 60...65 °С для облегчения отжима сока в шнековом прессе 13. Линия оснащена резервным шнеком для обеспечения безостановочной работы.

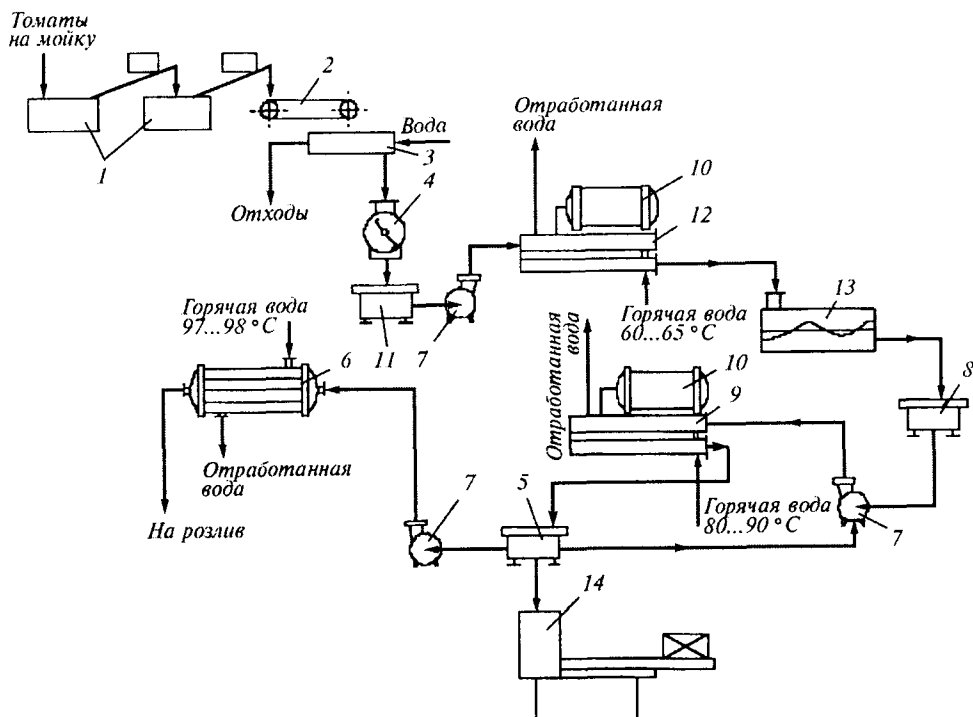


Рис. 2.6. Машинно-аппаратурная схема линии производства томатного сока

Шнеки расположены на эстакаде, поэтому отжатый сок самотеком поступает в сборник 8 под эстакадой. Сборник оборудован поплавковым сигнализатором уровня. Сок из сборника 8 перекачивается насосом 7 в вакуум-бачок 10, а затем в сдвоенный вакуум-подогреватель 9, где нагревается до температуры 85...90 °С, а из подогревателя — в сборник 5. При температуре ниже установленной сок снова направляется насосом 7 на повторный подогрев в вакуум-подогреватель 9.

При упаковывании в тару вместимостью 0,25...0,5 л сок к фасовочной машине 14 поступает из сборника 5. При горячем розливе в бутылки сок из сборника 5 подается насосом в теплообменник 6 для нагрева до температуры 97...98 °С. Если линия была остановлена и сок в сборнике 5 остыл, его снова перекачивают в вакуум-подогреватель 9. Сок циркулирует в системе до тех пор, пока температура его достигнет 85 °С.

## 2.7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Солод — пророщенное зерно злаковых культур (ячмень, рожь, рис, пшеница, овес, просо) в специально созданных и регулируемых условиях. После высушивания свежепросожденного солода при температуре 40...85 °С получается ферментативно-активный светлый солод. При более высоких температурах высушивания (выше 105 °С) образуется темный, ферментативно-неактивный солод. Солод получают в виде зерен или измельченным.

По органолептическим показателям пивоваренный солод имеет свежий огуречный запах, от светло-желтого до желтого цвета и сладковатый вкус. Светлый солод высококачества содержит не более 4,5 % влаги с продолжительностью осахаривания 15 мин и экстрактивностью 79 % на сухие вещества. Темный карамельный (жженный) солод имеет содержание влаги не более 6 % с экстрактивностью 70 % на сухие вещества.

Ржаной солод содержит не более 8 % влаги с продолжительностью осахаривания (неферментированного) 25 мин и экстрактивностью 80 % на сухие вещества.

Кроме светлого и темного солодов в пивоваренном производстве находят применение специальные ячменные сорта солода, которые интенсифицируют технологические процессы приготовления пивного сусла, брожения и дображивания (I группа) или для улучшения цвета, вкуса и аромата пивного сусла и готового сусла (II группа).

К I группе относится высокоферментативный солод (диастатический солод, диафарин) длительного и ускоренного проращивания, а также солод для подкисления затора (протеолитический солод). Применение такого солода дает определенные преимущества, особенно при использовании несоложенного сырья. Группа II представлена красящими (карамельный и темный), цветным (жженный), ароматным (томленый или ферментированный), меланоидиновым и витаминным солодами. Эта группа обеспечивает сортовые особенности пива, улучшает его качество и стойкость.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Солодоращение — накопление в зерне максимально возможного или заданного количества ферментов (в основном гидролитических). Под действием ферментов при солодоращении часть сложных веществ зерна превращается в мальтозу, глюкозу, мальтодекстрины и высшие декстрины, лептоны, лептиды, аминокислоты и др.

Технологические особенности проращивания зерна характеризуются температурой, при которой происходит данный процесс на отдельных стадиях (18...21 °С), содержанием влаги в зерне (44...48%), соотношением кислорода и диоксида углерода в слое зерна (в первые 2...3 дня должно быть больше единицы), а также продолжительностью проращивания (7...8 сут).

Сушка солода обеспечивает снижение его влажности с 40...50 до 3...6 % и придание солоду специфического вкуса, цвета и аромата при сохранении высокой ферментативной активности. Ферментативный гидролиз сложных углеводов и белков при сушке солода проявляется сильнее, чем при солодоращении, так как оптимальные температуры, повышающие ферментативную активность, находятся в пределах 40...70 °С. Оптимальный режим сушки солода обеспечивает высокое качество готового продукта при минимальных энергозатратах.

Солод используют при производстве пива, полисолодовых экстрактов, получаемых из смеси кукурузного, овсяного и пшеничного солодов, концентрата квасного сусла, хлебного кваса, безалкогольных напитков и этилового спирта и хлебобулочных изделий.

При производстве пива, полисолодовых экстрактов, концентрата квасного сусла и безалкогольных напитков в качестве основного сырья используют сухой солод, который служит источником ферментов, витаминов, ароматических красящих и минеральных веществ. Среди общего выпуска солода различных видов наибольшее потребление имеет выдержанный солод для производства пива.

В спиртовом производстве применяется смесь свежепросоженных солодов различных злаковых культур, которая служит источником ферментов для осахаривания крахмалосодержащего сырья (пшеницы, кукурузы, картофеля и др.). Качество соло-

да, предназначенного для производства этанола, оценивается как хорошее, среднее и удовлетворительное по следующим показателям соответственно: декстринолитическая способность (ДС) — 35; 30; 20...25 мг/(г·ч) и осахаривающая способность (ОсП) — 3,5; 2,6 и 1,75 сд/г.

В хлебопекарном производстве применяют измельченный ржаной светлый неферментированный и темный ферментированный солод.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление солода — сложный комплекс специфических процедур, состоящий из следующих стадий:

- очистка и сортировка зерна;
- мойка, дезинфекция и замачивание ячменя;
- проращивание ячменя (свежепроросший солод для производства спирта и ферментации);
- сушка солода;
- обработка сухого солода (солод для производства хлебобулочных изделий, соловых экстрактов и концентрата квасного сусли);
- выдержка сухого солода (выдержанный солод для производства пива).

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования, состоящего из зерноочистительных и сортирующих машин — воздушных и зерновых сепараторов, цилиндрических и дисковых триеров, магнитных сепараторов.

Следующий комплекс линии включает аппараты для мойки и замачивания ячменя. К ним относятся моечные и замочные аппараты, входящие в комплекс замочного отделения, а также установки непрерывного замачивания зерна.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для солодоращения, представленного ящичными солодорастильными установками, солодовнями с передвижной грядкой, статическими солодовнями с совмещенным способом, солодорастильными барабанами и кондиционерами для пневматических солодовен.

Наиболее значимым комплексом оборудования линии является оборудование для сушки солода. К нему относятся сушилки периодического (горизонтальные и вертикальные) и непрерывного (шахтные и карусельные) действия с топочными устройствами и калориферами.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает обработку сухого солода и содержит росткоотбойные, солодополировочные и машины для измельчения солода.

На рис. 2.7 показана машинно-аппаратурная схема линии для производства солода.

**Устройство и принцип действия линии.** По принятой в производстве схеме поступивший на предприятие ячмень направляется на хранение в бункер 1, откуда с помощью переключателей потока 2 подается в промежуточный бункер 3. Из него после взвешивания на весах 4 ячмень первично очищается в воздушно-ситовом сепараторе 5. Предварительно очищенное зерно взвешивается на весах 6 и направляется в силос 7, где сохраняется до момента вторичной переработки. При необходимости проветривания ячмень из силоса 7 направляется снова в бункер 1.

Вторичная очистка ячменя предусматривает воздушно-ситовую сепарацию в машине 8, отделение ферропримесей в магнитном сепараторе 9, отбор куколя и овсюга в триерах 10 и 11 и разделение ячменя по крупности в ситовой машине 12. Фракции ячменя I и II сортов собираются в бункерах 13, а фракция III сорта направляется на корм скоту. На выходе из бункеров 13 установлены распределители потока 14.

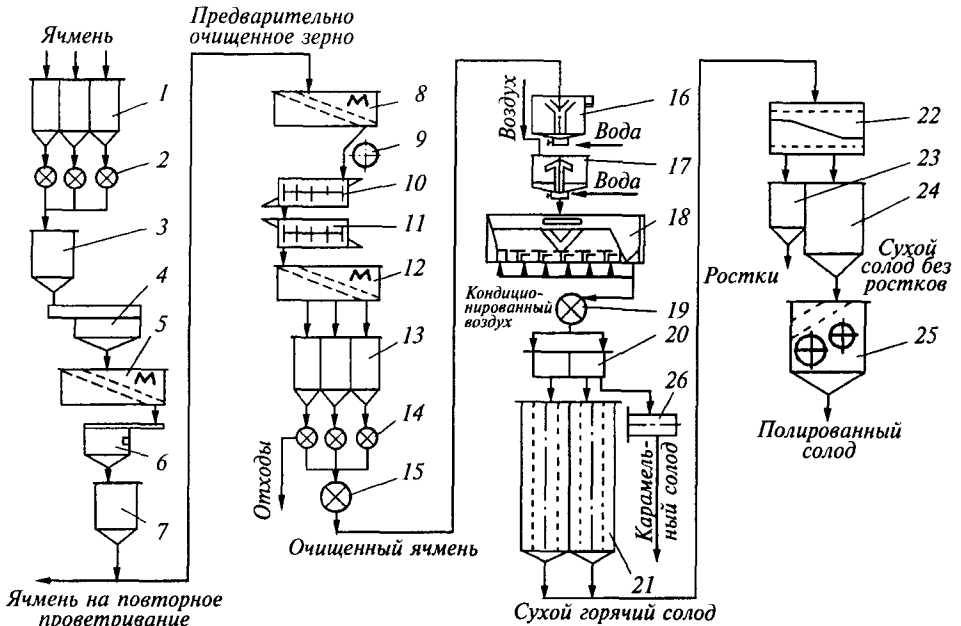


Рис. 2.7. Машинно-аппаратурная схема линии производства солода

Очищенный и отсортированный ячмень в определенном количестве дозатором 15 засыпается в замочный чан 16, где отмывается от загрязнений и при необходимости обрабатывается дезинфицирующими средствами. В чан 16 подаются вода и воздух, обеспечивающий перемешивание зерна. Легкое зерно и мелкие примеси (сплав) во время мойки всплывают на поверхность и удаляются вместе с моечной водой. Вымытое зерно перекачивается в замочный чан 17, где его влажность повышается до 41...42 %. После окончания замачивания зерно с водой перекачивается в солодорастильный аппарат 18 для проращивания в течение 6...8 сут. В нем зерно продувается воздухом с относительной влажностью 96...98 % и температурой 12°C. При необходимости зерно орошается водой температурой 12°C. Температура зерна при этом должна быть 14...18°C.

Из солодорастильного аппарата 18 продукт питателем 19 загружается в камеру подвяливания 20, а затем в вертикальные сетчатые каналы сушилки 21. Сушилка имеет до четырех зон, благодаря чему теплый воздух несколько раз проходит сквозь слой солода. Температура воздуха 40...85 °С, продолжительность сушки 24...36 ч в зависимости от конструкции сушилки.

Сухой горячий солод из сушилки 21 очищается от ростков в росткоотбойной машине 22. Ростки собираются в бункере 23. Сухой солод без ростков направляется в силос 24 на отлежку в целях повышения влажности оболочки и ее эластичности. Сухой солод без ростков очищается от загрязнений, полируется в полировочной машине 25 и направляется в склад готового солода. Часть свежепроросшего солода, минуя сушилку, направляется в обжарочный барабан 26 для приготовления карамельного солода.

## 2.8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛОВОГО РЕКТИФИКАЦИОННОГО ПИЩЕВОГО СПИРТА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Спирт этиловый (этанол, винный спирт), выработанный из пищевых видов сырья (зерно, картофель, сахар, свеклосахарная и тростниковая меласса, сахарная свекла), — прозрачная бесцветная жидкость без привкуса и запаха посторонних веществ. Температура кипения безводного спирта этилового 78,35 °С при давлении 0,1 МПа, температура вспышки 13 °С. Спирт гигроскопичен, летуч, смешивается с водой в любых соотношениях и является хорошим растворителем.

В зависимости от степени очистки различают спирт ректификационный четырех сортов: 1 сорта (96,0 об. %), высшей очистки (96,2 об. %), «Экстра» (96,5 об. %) и «Люкс» (96,3 об. %).

В спирте этиловом ректификационном кроме воды содержатся в макроколичествах различные примеси (альдегиды, эфиры, высшие спирты и другие химические соединения), которые формируют у спирта свойственные ему вкус и аромат в зависимости от вида перерабатываемого сырья.

Зерно и картофель относят к крахмалосодержащему сырью, мелассу и свеклу — к сахаросодержащему. Зерно поступает на заводы с содержанием влаги 12...15 % и более. В зависимости от культуры оно содержит 45...55 % крахмала и 9...16 % белка. Картофель — сочное сырье, которое содержит 9...18 % крахмала и до 2 % белка.

Меласса — густая сиропообразная непрозрачная жидкость коричневого и темно-бурого цвета, сладкая на вкус с горьким привкусом. В ней содержится не менее 75 масс. % сухих веществ и не менее 43 % сахарозы. Сумма сбраживаемых веществ составляет не менее 44 масс. %.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Спирт этиловый пищевой получают микробиологическим способом, в основе которого лежит сбраживание сахара в спирт дрожжами семейства сахаромецетов. Спирт из пищевого сырья получают непрерывным и периодическим способами. При этом 45...55 % вырабатывают из зерна, 10...15 % — из картофеля, 2...3 % — из свеклы и 38...45 % — из мелассы.

Спирт этиловый ректификационный получают на брагоректификационных и ректификационных установках из бражек крахмалосодержащего и сахаросодержащего сырья и из спирта-сырца, полученного из тех же видов сырья.

Брагоректификационные установки бывают косвенного действия (включают бражную, эспирационную и ректификационную колонны), косвенно-прямоточного действия (включают брагэспирационную, эспирационную и ректификационную колонны) и работающие под вакуумом.

При выработке спирта ректификационного из спирта-сырца применяют ректификационные установки, состоящие из эспирационной и ректификационной колонн.

Для повышения выхода и качества ректификационного спирта, улучшения выделения сивушного масла брагоректификационные и ректификационные установки дооснащают дополнительными колоннами: окончательной очистки спирта, сивушной или экстрактивно-ректификационной, для выделения этилового спирта из головной фракции.

Пищевая промышленность — главный потребитель этилового спирта, который используется для изготовления ликероводочных изделий, виноградных и плодово-ягодных вин, уксусов и пищевых ароматизаторов. Спирт этиловый также используется в медицинской, фармацевтической, парфюмерной и других отраслях промышленности.

**Стадии технологического процесса.** Переработка зерна и картофеля на спирт осуществляется по однотипной технологии и состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья к переработке;
- разваривание крахмалосодержащего сырья;
- осахаривание крахмалосодержащего сырья;
- культивирование дрожжей;
- сбраживание осахаренной массы;
- перегонка бражки;
- ректификация спирта.

Стадия разваривания крахмалосодержащего сырья паром повышенного давления может быть заменена гидроферментативной обработкой замеса с помощью бактериальной  $\alpha$ -амилазы при температурах клейстеризации крахмала 60...90 °С.

Получение спирта из мелассы включает меньше технологических стадий:

- подготовка мелассы к сбраживанию;
- культивирование дрожжей;
- сбраживание мелассного сусла;
- извлечение спирта из бражки;
- очистка спирта.

Основное различие технологического процесса при переработке крахмало- и сахаросодержащего сырья состоит в подготовке сырья и приготовлении питательной среды (субстрата) для сбраживания дрожжами в спирт.

Технологический процесс на брагоректификационных установках дифференцирован по стадиям, которые осуществляются последовательно в отдельных колоннах:

- в бражной (перегонка бражки с получением бражного дистиллята и отводом барды в виде отхода производства);
- в эспирационной (выделение из бражного дистиллята или спирта-сырца и концентрирование головных примесей и их отбор с фракцией головного этилового спирта — побочным продуктом производства);
- в ректификационной (концентрирование спирта и его пастеризация, а также выделение в процессе концентрирования спирта промежуточных примесей в виде сивушных фракций);
- в сивушной или экстрактивно-ректификационной (концентрирование сивушного масла и выделение его в виде товарного побочного продукта производства);
- в колонне окончательной очистки (дополнительная очистка ректификационного спирта с отводом на повторную ректификацию спиртовых фракций с примесями);
- в колонне для выделения спирта из головной фракции (выделение из головной фракции и концентрирование метанола, альдегидов и сложных эфиров).

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для мойки, очистки и измельчения крахмалосодержащего сырья, в состав которого входят картофелемойки, камнеловушки, водоотделители, барабанные



камнеловушки, дробилки для измельчения картофеля и зерна, а также измельчители для тонкого измельчения зернового сырья.

В состав линии входят комплекс, состоящий из установок для тепловой обработки крахмалосодержащего сырья — смесителей предразварников, варочных аппаратов и паросепараторов, аппаратов гидродинамической обработки замеса, обеспечивающих различные схемы разваривания.

Следующим в линии является комплекс оборудования для охлаждения и осахаривания заторов, в состав которого входят аппараты с непрерывным осахариванием и вакуум-охлаждением, аппараты с двухступенчатым вакуум-охлаждением, а также аппараты с непрерывным охлаждением и осахариванием при атмосферном давлении.

Комплекс оборудования для брожения и культивирования дрожжей состоит из бродильных аппаратов и устройств для мойки, спиртоловушек и дрожжевых аппаратов.

В линии для производства спирта из мелассы комплекс оборудования состоит из рассиропников, аппаратов для размножения дрожжей и пеноловушек, а также устройств для отбора проб, измерения расходов мелассы и контроля плотности рассиропки.

Ведущий комплекс оборудования в линии предназначен для перегонки и ректификации спирта. В его составе имеются брагоректификационные и ректификационные установки, установки для получения безводного спирта, холодильники и кипятильники брагоперегонных аппаратов, вспомогательное оборудование ректификационных установок, а также оборудование для учета и хранения спирта.

На рис. 2.8 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства спирта из крахмалосодержащего сырья с использованием механико-ферментативной обработки.

**Устройство и принцип действия линии.** Измельченное зерно после молотковой дробилки 3 поступает в смеситель 5 через лоток 2, где смешивается с теплой водой температурой 60...65 °С и  $\alpha$ -амилазой ферментативного препарата, поступающего из расходного сборника 1. Соотношение зерна и воды, поступающих в смеситель, составляет 1 : 3, а температура замеса поддерживается на уровне 50...55 °С. Продолжительность пребывания замеса в смесителе 5 составляет 10... 12 мин. В смесителе 5 происходит начальная стадия разжижения крахмала и растворения сухих веществ, а также обеспечивается нормальная текучесть массы за счет действия  $\alpha$ -амилазы.

При переработке картофеля измельченная на молотковой дробилке 4 картофельная кашка также подается в смеситель 5, где смешивается в нем с жидким ферментным препаратом.

Из смесителя 5 зерновой замес насосом 7 подается на контактную головку 6, где подогревается из распределителя 10 паром до 70...72 °С, и далее в аппараты 8 и 13 гидродинамической и ферментативной обработки I ступени, объем которых обеспечивает выдержку в нем замеса не менее 3,5...4,0 ч. После заполнения аппарата примерно на 1/3 подключается циркуляционный контур, включающий центробежные насосы 14 и 15, обеспечивающие перемешивание массы в аппарате при ее температуре 65...70 °С. Во время гидродинамической обработки сырья происходит дальнейшее разжижение, растворение крахмала и сухих веществ зерна за счет действия  $\alpha$ -амилазы.

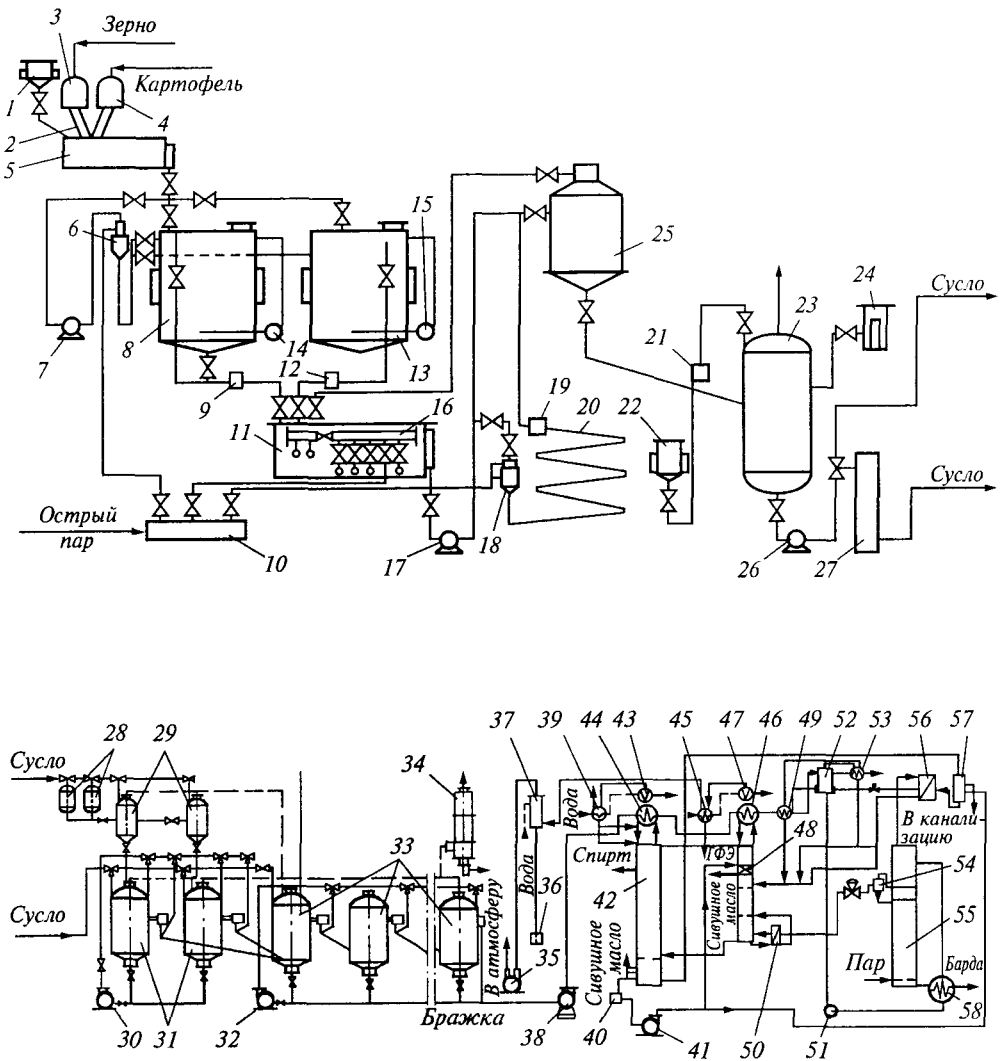


Рис. 2.8. Машинно-аппаратурная схема линии производства этилового ректификационного пищевого спирта

При переработке измельченный картофель, смешанный с  $\alpha$ -амилазой, закачивается насосом 7 через контактную головку 6 в аппараты 8 и 13. Далее процесс осуществляется по параметрам, применяемым при переработке зерна.

Ферментативно-тепловая обработка сырья осуществляется следующим образом. Замес или картофельная кашка из аппаратов I ступени 8 и 13 с помощью дозирующих устройств 9 и 12 отводится в горизонтальный, разделенный на три отсека аппарат 11 гидродинамической и ферментативной обработки II ступени, снабженный мешалками 16.

В первой секции аппарата 11 крахмалосодержащая масса выдерживается при перемешивании 15...16 мин при 65...72 °С, после чего перетекает через переливное от-

верстие во второй отсек, нагревается в нем острым паром из распределителя 10 до 72...75 °С и выдерживается 15...16 мин. В третьем отсеке температура массы путем подачи в нее пара поднимается до 85...95 °С.

Хорошо разжиженная и гидролизованная крахмалосодержащая масса из аппарата 11 насосом 17 закачивается через трубчатый стерилизатор 20 и регулирующий клапан 19 в паросепаратор 25, из которого отводится на осахаривание. Учитывая, что на заводах часто перерабатывается некачественное дефектное сырье, требующее более высокой температуры стерилизации, предусматривается контактная головка 18. В этом случае вторичный пар из паросепаратора 25 направляется в первый отсек аппарата 11.

В процессе осахаривания стерилизованная масса в испарителе-осахаривателе 23 смешивается с глюкоамилазой, поступающей из расходного сборника 22 через дозатор 21, и выдерживается при 55 °С в течение 30...35 мин. Основное количество формалина, подавляющее развитие кислотообразующих бактерий при сбраживании, подается из сборника 24.

Сусло из испарителя-осахаривателя 23 плунжерным насосом 26 закачивается в теплообменный аппарат 27 и после охлаждения до температуры складки 18...20 °С поступает в бродильные аппараты 31 и 33, где сбраживается непрерывно-поточным способом. При этом способе приготовленные в дрожжанках 28 дрожжи поступают во взбраживатель 29, откуда подаются в головной бродильный аппарат 31. Сбраживаемое сусло из головного бродильного аппарата 31 последовательно по переточным трубам поступает в бродильные аппараты 33. Из последнего бродильного аппарата зрелая бражка насосом 38 подается на перегонку в дефлегматор ректификационной колонны 43. Насосами 30 и 32 сусло удаляется из бродильных аппаратов на случай дезинфекции. Из выделившегося при брожении диоксида углерода спирт улавливается в спиртовойушке 34.

Выделение спирта из бражки и очистка спирта-сырца (ректификация) от примесей производится в брагоректификационном вакуумном аппарате, который состоит из трех колонн: брагоэпюрационной 55, эпюрационной 48 и ректификационной 42, теплообменной аппаратуры, сборных емкостей, насосного хозяйства и системы КИПиА.

В дефлегматоре 43 бражка нагревается теплом конденсации спиртовых паров ректификационной колонны 42 до 40...50 °С. Из теплообменника бражка поступает в дефлегматор эпюрационной колонны 46, догревается в нем водно-спиртовыми парами эпюрационной колонны 48 до 50...55 °С и переходит в дополнительный подогреватель бражки 49, где ее температура за счет утилизации тепла не сконденсировавшихся в дефлегматоре-испарителе 56 водно-спиртовых паров брагоэпюрационной колонны 55 доводится до 70...75 °С. Окончательный догрев бражки до 85...90 °С осуществляется в подогревателе бражки 50.

Нагретая бражка из теплообменника 49 поступает в сепаратор 52, освобождается от диоксида углерода в конденсаторе 53 и из него дополнительным насосом 51 подается на верхнюю тарелку брагоэпюрационной колонны 55. Колонна 55 состоит из 34 тарелок, 18 из которых расположены в отгонной части колонны, 11 — в эпюрирующей и 5 (пеноулавливающие) — над эпюрирующей частью колонны. Эпюрирующая и отгонная части брагоэпюрационной колонны 55 разграничены между собой цилиндрической обечайкой с патрубком для отбора эпюрированных водно-спиртовых паров.

В эпюрирующей части колонны 55 из бражки отгоняется часть спирта с сопутствующими спирту головными и промежуточными примесями, который в виде парового потока поступает в межтрубное пространство испарителя, испаряет лютерную воду, конденсируется и поступает в коллектор бражного дистиллята 56.

Эпюрированная бражка переходит в отгонную часть брагоэпюрационной колонны 55, где из нее полностью отгоняется спирт. Барда отводится в теплообменник 58, где отдает тепло бражке и охлаждается до 70...75°C. Колонна 55 работает при давлении 150...170 кПа.

Эпюрированные водно-спиртовые пары из брагоэпюрационной колонны 55 через пеноловушку 54 поступают в кипятильник 50, обогревая при этом эпюрационную колонну. Конденсат эпюрированных паров и кипятильника 50 направляется на 10-ю или 15-ю тарелку эпюрационной колонны 48. Бражной дистиллят из коллектора 56 поступает на 20-ю и 25-ю тарелки эпюрационной колонны 48.

Эпюрационная колонна 48 содержит 39 многоколпачковых тарелок, из которых 20...25 работают в режиме выварки примесей, 6...11 — в режиме гидроселекции примесей и 8 — на концентрирование примесей. Работает колонна при давлении 50...65 кПа. Конденсат с дефлегматора 46 и избыток дистиллята из конденсатора 47 и спиртоловушки 45 возвращаются на верхнюю тарелку колонны для ее орошения флегмой. Лютерная вода в колонну 48 подается насосом 41 из сборника лютерной воды 40.

Эпюрат из эпюрационной колонны 48 поступает на 16-ю тарелку ректификационной колонны 42. Ректификационная колонна 42 состоит из 81 многоколпачковой тарелки, 16 из которых работают на отгонку спирта, 10...15 — на пастеризацию спирта и 55 — на укрепление спирта. Колонна снабжена дефлегматором 43, конденсатором 44 и спиртоловушкой 39. Не выделенные в эпюрационной колонне 48 примеси конденсируются в нижней части ректификационной колонны 42 и отводятся с 7...10-й тарелки из паровой фазы. Ректификационная колонна 42 орошается флегмой из дефлегматора и конденсаторов 44 и 39. Отбор ректификационного спирта производится с 72...75-й тарелок ректификационной колонны 42. Ректификационная колонна 42 работает при давлении 50... 70 кПа. Отбор головной фракции этилового спирта производится из дополнительного конденсатора 45 эпюрационной колонны 48, откуда фракция отводится в сборник головных фракций.

Вакуум в колоннах 55, 46 и 42 создается вакуум-насосом 35. В вакуумную систему входит барометрический конденсатор 37, где в качестве абсорбера используется 10-тарельчатая царга с многоколпачковыми тарелками. Вода, поступающая на орошение в барометрический конденсатор 37, отводится в сборник барометрической воды 36.

## 2.9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Дрожжи — одноклеточные микроорганизмы, относящиеся к классу грибов сахаромисцетов. Дрожжевая клетка содержит в среднем 67 % воды и 33 % сухого вещества. Сухое вещество дрожжевой клетки содержит 37...50 % белков, 35...40 % углеводов, 1,2...2,5 % сырого жира и 6...10 % зольных веществ.

Качество хлебопекарных дрожжей определяется требованиями технологии хлеба. Они должны иметь плотную консистенцию, легко ломаться, обладать серым с желтоватым оттенком цветом и характерным дрожжевым запахом, пресным вкусом, содержание влаги не более 75 %, кислотность (в пересчете на уксусную кислоту) не более 120 мг на 100 г дрожжей в день выработки и не более 360 мг спустя 12 сут. Стойкость при температуре 35 °С дрожжей, выработанных на дрожжевых заводах, не менее 60 ч, а на спиртовых 48 ч, подъемная сила (подъем теста до 70 мм) не более 70 мин.

Предусматривается выпуск сушеных хлебопекарных дрожжей высшего и 1 сортов в виде гранул, вермишели, крупы или порошка от светло-желтого до светло-коричневого цвета. Содержание влаги в дрожжах высшего сорта — 8 %, в дрожжах 1 сорта — 10 %. Подъем теста до 70 мм для высшего сорта — 70 мин, для 1 сорта — 90 мин. Сохранность со дня выработки составляет для сушеных дрожжей не менее 12 мес для высшего сорта и 5 мес для 1 сорта.

Показатели качества дрожжей, дрожжевого молока (водной суспензии): концентрация дрожжей не менее 450 г/л в пересчете на влажность 75 %, подъемная сила не более 75 мин, кислотность не более 120 мг на 100 г дрожжей в день выработки и не более 360 мг через 72 ч.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Дрожжевое производство основано на способности дрожжевых клеток (микроорганизмов) расти и размножаться. В основе технологии хлебопекарных дрожжей на дрожжевых заводах лежат биохимические процессы, связанные с превращением питательных веществ культуральной среды при активной аэрации в клеточное вещество дрожжей. При аэрации дрожжи окисляют сахар питательной среды до воды и диоксида углерода (аэробное дыхание). Выделившаяся при этом тепловая энергия используется дрожжами для синтеза клеточного вещества и обменных процессов. В аэробных условиях в субстрате накапливаются значительно большие биомассы, чем при анаэробном дыхании.

Состав и концентрация питательной среды для культивирования дрожжей обуславливает скорость их размножения и конечный выход продуктов. Для конструктивного и энергетического обмена дрожжей используют сахара, азотистые соединения, зольные элементы и кислород воздуха.

Хлебопекарные дрожжи культивируют на мелассных средах, разбавленных водой. Сахар такой среды легко усваивается дрожжами. Теоретический выход биомассы дрожжей с 75%-ным влагосодержанием находится в пределах 97...117 % по отношению к массе мелассы, содержащей 46 % сахара. В заводских условиях выход дрожжей составляет лишь 68...92 %.

Дрожжи используют в хлебопечении в качестве возбудителя спиртового брожения и разрыхлителей теста. Их применяют также для получения кваса, витаминов, лекарственных препаратов и питательных сред. На дрожжевых заводах вырабатывают прессованные и сушеные дрожжи, а также дрожжевое молоко. На мелассно-спиртовых заводах получают только прессованные дрожжи. Жидкие дрожжи и хлебные закваски готовят непосредственно на хлебозаводах.

На мелассно-спиртовых заводах вырабатывают 15 % хлебопекарных дрожжей от общего их выпуска. Эти дрожжи получают в качестве отходов производства при сепарации зрелой спиртовой бражки, в 1 м<sup>3</sup> которой содержится 18...35 кг дрожжей. Выход прессованных дрожжей составляет до 3,5 кг на 1 дал спирта. Себестоимость хлебопекарных дрожжей, получаемых на спиртовых заводах, на 30 % ниже, чем на дрожжевых.

**Стадии технологического процесса.** Процесс получения хлебопекарных дрожжей на дрожжевых заводах складывается из следующих стадий:

- приготовление питательной среды;
- выращивание маточных и товарных дрожжей;
- выделение товарных дрожжей из дрожжевой суспензии;
- формование и упаковка прессованных дрожжей;
- сушка дрожжей.

Получение дрожжей из спиртовой бражки на спиртовых заводах состоит из стадий:

- выделение дрожжей из зрелой бражки сепарированием;
- промывание и концентрирование дрожжевой суспензии;
- дозревание дрожжей;
- окончательное промывание и концентрирование дрожжей;
- прессование, формование и упаковка дрожжей;
- хранение.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для обработки сырья, состоящего из аппаратов для приготовления питательных сред, сепараторов-кларификаторов для мелассы и пароконтактных установок для стерилизации.

Ведущий комплекс линии представляют дрожжерастильные аппараты, снабженные аэрационной системой для насыщения суспензии кислородом, и воздуходувные машины.

Следующий комплекс линии состоит из аппаратов для выделения дрожжей, в составе которого имеются дрожжевые сепараторы, фильтр-прессы и барабанные вакуум-фильтры.

Наиболее энергоемким комплексом оборудования линии являются сушильные установки, представленные конвейерными ленточными сушилками, установками с виброкипящим слоем, а также вакуумными и сублимационными сушилками.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из машин для формования и завертывания брикетов дрожжей.

На рис. 2.9 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства хлебопекарных дрожжей.

**Устройство и принцип действия линии.** Из сборника 1 меласса насосом 2 направляется в рассиропник 3, в котором она разбавляется горячей водой (90 °С), выдерживается 30 мин и подается на кларификатор 5, где освобождается от механических примесей. Осветленное сусло нагревают до 120 °С в пластинчатом теплообменнике 4, выдерживают 30 с, охлаждают до 80 °С и направляют в приточный сборник 6, откуда подают в дрожжерастильные аппараты (8 — предварительный дрожжерастильный аппарат; 9, 10, 11 — дрожжерастильные аппараты соответственно I, II и II стадии маточных дрожжей). Осветление и стерилизация осуществляются в непрерывном режиме.

Минеральные соли (диамонийфосфат, сульфат магния, дестиобиотин и др.) растворяют в бачке 7 и направляют в аппараты для размножения дрожжей 8 и 21 в строго определенных количествах.

Выращивание хлебопекарных дрожжей складывается из получения маточных и товарных дрожжей. Маточные дрожжи чистой культуры готовят в количестве, обеспечивающем засев непосредственно в товарный аппарат 21, и хранят в виде дрожжевого молока при температуре 2 °С. Перед засевом в товарный аппарат 21 маточные дрожжи подвергают жесткой обработке при рН 1,8...2,0 в течение 30 мин. Товарные дрожжи получают по периодической схеме без отборов среды.

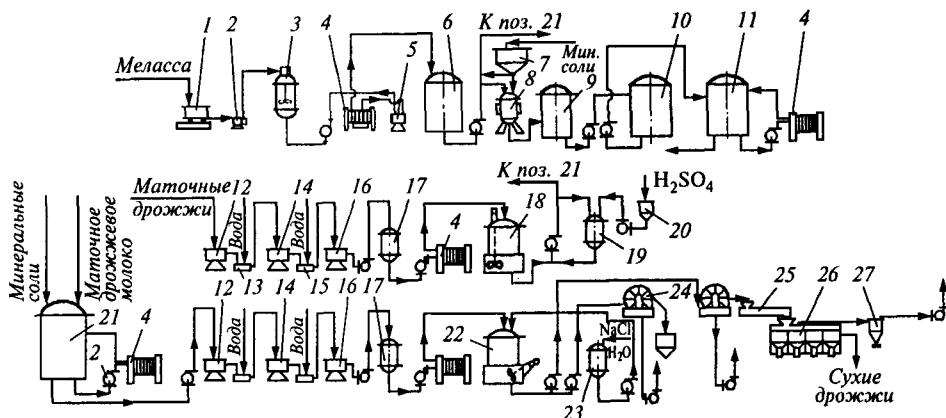


Рис. 2.9. Машинно-аппаратурная схема линии производства хлебопекарных дрожжей

Различия в технологии прессованных и сухеных дрожжей проявляются начиная с выделения и подготовки штамма и до получения товарной продукции. Они состоят в удельной скорости роста, засевов, длительности выращивания и концентрации сред.

Выросшие маточные и товарные дрожжи выделяют из дрожжевой суспензии, промывают холодной водой и сгущают в сепараторах 12, 14, 16 соответственно I, II, III ступени маточных и товарных дрожжей. Дрожжевое молоко после III ступени сепарации маточных и товарных дрожжей собирается в сборник 17, откуда направляется соответственно в сборники 18 и 22 — маточного и товарного дрожжевого молока. Для промывания дрожжей используют специальные промывные бачки 13 и 15. Кислотную обработку маточных дрожжей перед засевом проводят в сборнике 19, куда из мерника 20 дозируется серная кислота.

Окончательное выделение товарных дрожжей из дрожжевого молока происходит в вакуум-филтре 24, предварительно обработанном раствором поваренной соли из сборника 23. Пластины дрожжей из вакуум-филтра 24 попадают в сушилку для дрожжей 26 через шнек 25, при этом пылевидная фракция улавливается в циклоне 27. Прессованные дрожжи формируются в брикеты и упаковываются.

## 2.10. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Ферментные препараты представляют собой концентраты ферментов, полученные с помощью микроорганизмов, содержащие в своем составе наряду с ферментами балластные вещества. Ферментные препараты применяют в пищевых производствах как катализаторы соответствующих биохимических процессов.

В качестве продуцентов ферментов используют разнообразные источники: растения, животные ткани и микроорганизмы. Основные промышленные микроорганизмы для производства ферментных препаратов — это микроскопические грибы рода *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* и другие, а также бактерии рода *Bacillus* и актиномицеты. Они являются активными синтезаторами амилолитических, протеолитических, пектолитических и других ферментов.

Способностью активно продуцировать целлюлолитические ферменты обладают представители ряда несовершенных грибов родов *Alternaria*, *Trichoderma*, *Fusarium* и др. Важным требованием к применяемому продуценту является его способность к образованию большого количества какого-либо одного фермента при незначительном количестве других ферментов.

Микроорганизмы культивируют на средах, богатых углеводами, азотистыми и минеральными веществами, витаминами.

В производстве ферментных препаратов используют синтетические и комплексные среды, являющиеся смесью синтетических сред с естественными материалами растительного, животного и микробного происхождения.

Синтетические среды готовят из различных минеральных солей и органических соединений, являющихся источником углерода — углеводов, спиртов, органических кислот. В качестве естественных материалов применяют отходы пищевых производств: отруби, мелассу, жмыхи, кукурузный экстракт, солодовые ростки, пивные дрожжи, зерно-картофельную барду и др.

Для накопления ферментов в культуральной среде необходимо обеспечить оптимальные условия для их синтеза: состав среды, температуру, значение рН, снабжение клеток кислородом воздуха.

Для нужд пищевой промышленности вырабатываются амилолитические ферментные препараты Амилоризин П10х и Амилосубтилин Г10х. Препараты представляют собой тонкоизмельченные порошки бежевого или светло-серого цвета влажностью не более 13 %. Они хорошо растворимы в воде без постороннего запаха и вкуса. В состав Амилоризина П10х входит комплекс ферментов с превалирующим действием  $\alpha$ -амилазы. В качестве сопутствующих имеются протеолитические ферменты, мальтаза,  $\beta$ -эндополиглюканаза и др.

Стандартные уровни ферментативной активности промышленного ферментного препарата (ФП) Амилоризин П10х составляют, ед/г, не менее: амилолитическая способность (АС) — 2000; осахаривающая способность (ОС) — 1000; протеолитическая активность (ПА) — 30 при рН 4,7...5,4 и температуре 40...45 °С.

Амилосубтилин Г10х представляет собой очищенный ФП, образуемый *Vac. subtilis*. Препарат содержит  $\alpha$ -амилазу,  $\beta$ -глюканазу и протеазу. АС этого препарата не менее 3000 ед/г, а ПА — не более 2 ед/г. Оптимальные для действия Амилосубтилина Г10х условия: рН 6,0...6,3; температура 50...55 °С. Бактериальная  $\alpha$ -амилаза по сравнению с грибной обладает более высокой термостабильностью.

Протосубтилин Г10х отличается высокой протеолитической активностью. Это порошок светло-серого или светло-бежевого цвета с влажностью не более 13 %, характеризуется ПА не менее 70 ед/г.

Протеолитические ферментные препараты используют в мясной промышленности для мягчения мяса, придания ему нежного вкуса и консистенции; в молочной промышленности — для получения гидролизатов белков молока, в пивоварении — для стабилизации пива от помутнения и др.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Применяют два способа выращивания продуцентов ферментов: поверхностный и глубинный.



Поверхностный способ предусматривает выращивание микроорганизмов на поверхности твердых, жидких, полужидких или сыпучих материалов. Этот способ создает хорошие условия для максимального контакта микроорганизмов с кислородом воздуха. Его используют в основном при выращивании мицелиальных грибов.

Глубинный способ предусматривает выращивание микроорганизмов на жидких средах. Этот способ применяют преимущественно при использовании в качестве продуцентов ферментов бактерий и других микроорганизмов, способных интенсивно развиваться в условиях недостаточного контакта клеток с кислородом. Он может быть применен и для культивирования аэробных микроорганизмов, какими являются плесневые грибы и некоторые бактерии, но для этого необходимо интенсивно аэрировать среду.

При поверхностном способе культивирования оптимальная температура для развития мицелиальных грибов 28...30 °С, бактерий 32...38 °С, относительную влажность воздушной среды на поверхности субстрата необходимо поддерживать в пределах 60...70 %. Обязательным условием этой технологии является аэрация растительной камеры.

Микроорганизмы синтезируют различные ферменты в определенной последовательности. Так, например, при использовании грибов *Asp. orizae* максимальное количество амилаз накапливается за 21...30 ч, образование же цитолитических ферментов начинается значительно позже и для максимального накопления этих ферментов требуется увеличить длительность культивирования до 48 ч.

Регулируя состав питательной среды, условия и длительность культивирования, можно достичь превалирующей активности одного фермента в комплексе ферментов препарата.

Температура культивирования зависит от видовых особенностей микроорганизмов и колеблется в широких пределах. Для равномерного распределения клеток по объему аппарата, улучшения их контакта с питательными веществами, обеспечения отвода от клеток продуктов их жизнедеятельности осуществляют перемешивание культуральной среды.

При получении культуры поверхностным способом ферменты из питательной среды экстрагируют водой, отделяют экстракт от твердой фазы, сгущают до концентрации сухих веществ 50 % или высушивают.

При глубинном культивировании отделяют клетки микроорганизмов от культуральной жидкости фильтрацией или центрифугированием. Фильтрат или центрифугат сгущают до концентрации сухих веществ 40 % или высушивают.

Полученные таким образом технические ферментные препараты могут использоваться в жидком виде или в виде порошка.

Для очистки ферментов применяют осаждение их из водных растворов органическими растворителями такими, как метиловый, этиловый, изопропиловый спирты, ацетон; высаливание сульфатами аммония, натрия, цинка, хлоридом натрия; фракционирование. Высушивание предварительно очищенных и сконцентрированных препаратов осуществляют в распылительных сушилках или методом сублимации.

Наименование ферментных препаратов сочетает в себе сокращенное название основного фермента, активность которого в препарате преобладает, и видовое назва-

ние микроорганизма-продуцента. Так, препарат, в котором превалирующим ферментом является амилаза, синтезированная мицелиальным грибом *Asp. oryzae*, называют амилоризином, если применялась культура *Bac. subtilis* — амилосубтилином.

В наименовании препарата отражаются способ культивирования микроорганизмов, степень очистки препарата и степень концентрирования ферментов. С этой целью после наименования препарата ставится индекс. Например, Амилоризин П10х или Амилосубтилин Г20х. В индексе буква П означает, что препарат получен поверхностным способом культивирования, а буква Г — глубинным. Буква х условно обозначает количество фермента в стандартной (обладающей строго определенной активностью на единицу массы), глубинной или поверхностной культурах. Цифра перед буквой х отражает степень очистки препарата.

**Стадии технологического процесса.** Ввиду перспективности остановимся на глубинном способе культивирования. Производство ферментных препаратов глубинным способом на жидких питательных средах можно разделить на следующие стадии:

- приготовление, стерилизация и охлаждение питательной среды;
- приготовление посевного материала и выращивание производственной культуры;
- отделение и сушка биомассы;
- фасовка отходов и отделение фильтрата;
- концентрирование и сушка концентрата;
- осаждение, сушка и стандартизация препарата;
- фасование препарата.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования, в состав которого входят циклон-разгрузитель, экстракторы, стекатель, шнек-пресс, ленточный вакуум-фильтр, смеситель, а также нагревательная колонка, выдерживатель и теплообменники.

В состав линии входит комплекс оборудования, состоящий из инокулятора и ферментатора.

Следующий комплекс оборудования представляют камерный фильтр-пресс и барабанная сушилка.

Далее следует комплекс оборудования для фасования и упаковывания ферментных препаратов, а также сепараторы.

Ведущим является комплекс оборудования, включающий вакуум-выпарные аппараты и распылительные (сублимационные) сушилки.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из установки непрерывного осаждения, аппарата обсушки препарата, центрифуги, барабанной вакуум-сушилки, установки для измельчения и смешивания.

Финишным комплексом оборудования являются фасовочные машины.

Машинно-аппаратурная схема линии производства ферментных препаратов глубинным способом на жидких питательных средах представлена на рис. 2.10.

**Устройство и принцип действия линии.** В соответствии с компонентным составом питательных сред производят их предварительную подготовку и смешивание. Например, для получения питательной среды используют свекловичный жом, который через циклон-разгрузитель 1 и циклон чистки воздуха 2 направляется на весы 3 и далее в экстрактор 4 свекловичного жома. Полученный экстракт насосом перекачивается в стекатель 5, шнек-пресс для отжима 6 и далее в смеситель 20, куда подводится питание соли и остальные компоненты с таким расчетом, чтобы при последующем соединении этих растворов была достигнута требуемая регламентом концентрация в среде.

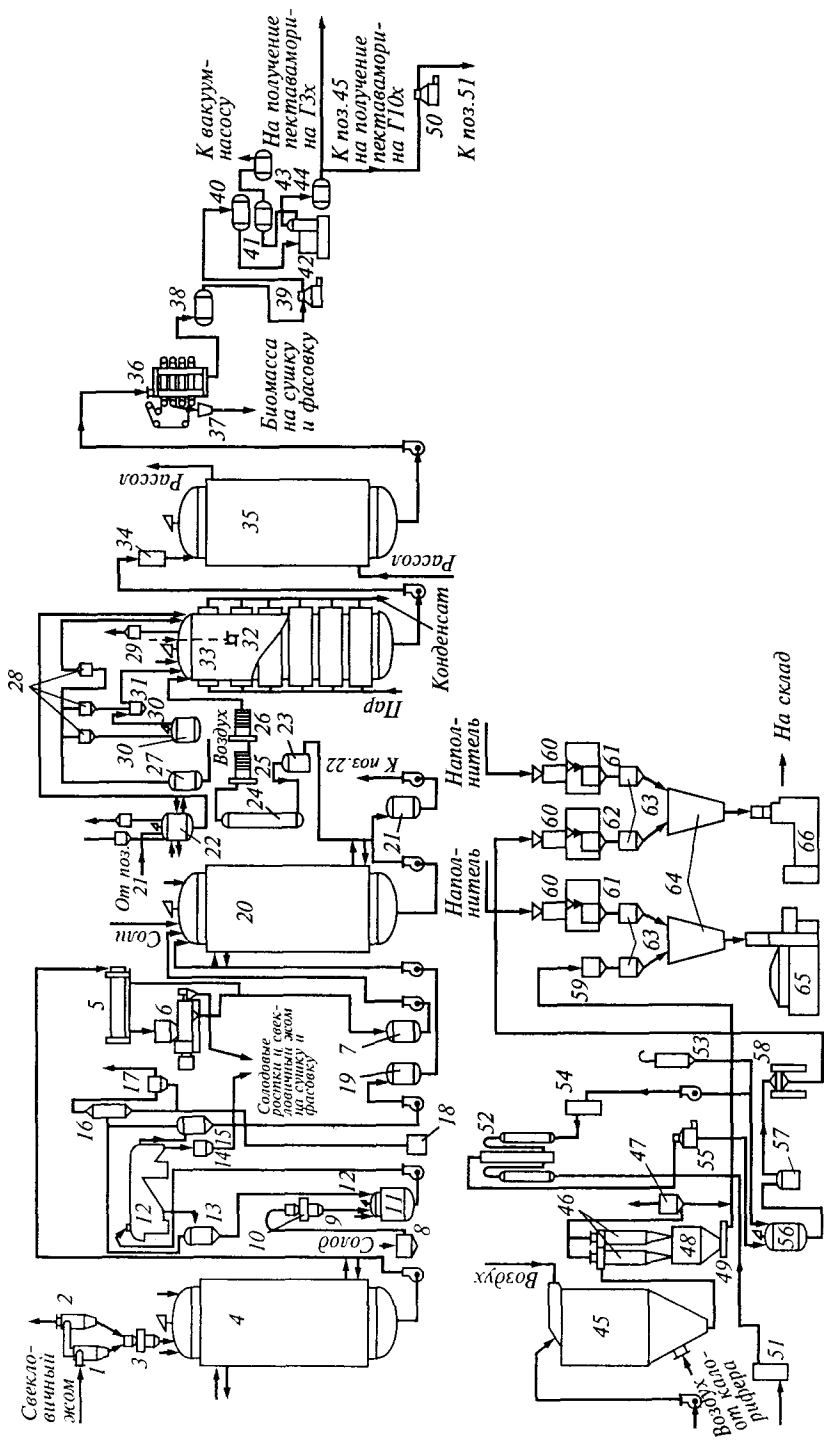


Рис. 2.10. Машинно-аппаратурная схема линии производства ферментных препаратов на жидких питательных средах глубинным способом

Солодовые ростки из бункера 8 взвешиваются на весах 10 и винтовым гибким подъемником 9 направляются в экстрактор 11 и далее в ленточный вакуум-фильтр 12, откуда промывные воды отводятся в ресивер 13, а осадок спускается в бункер 14. Над вакуум-фильтром 12 размещены барометрический конденсатор 16 и ловушка 17, а ниже установлен барометрический ящик 18. Полученный экстракт солодовых ростков из ресивера для фильтрата 15 насосом через приемник 19 закачивается в смеситель 20. Приготовленные смеси поступают в сборник питательной среды 21, а далее в стерилизатор 23, выдерживатель 24 нагрева питательной среды до 130 °С и на охлаждение среды в теплообменники 25 и 26, откуда охлажденная питательная среда поступает в ферментатор 33, заполняя его на 70...75 %.

Для начала ферментации в среду вводят посевной материал. Приготовление посевного материала осуществляется в аппарате 22, откуда он направляется в ферментатор 33 с форсуночным разбрызгивателем 32. Здесь же установлены фильтры 27, 28 и 29 для очистки воздуха, а также стерилизатор пеногасителя 30 с мерником 31. Забираемый из атмосферы воздух очищается от грубой взвеси, сжимается и охлаждается.

Длительность культивирования зависит от продуцента и условий введения в процесс питательных веществ. Готовую культуральную жидкость, содержащую биомассу продуцента, твердую взвесь среды и всю сумму веществ насосом подают через теплообменник 34 для охлаждения и далее в сборник 35.

После окончания ферментации отделение биомассы от культуральной жидкости происходит в камерном фильтр-прессе 36, откуда биомасса через бункер 37 направляется на сушку и фасовку, а отделенная в сборнике 38 культуральная жидкость — на сепараторы 39, 50 и 55. После сепаратора концентрат поступает в теплообменник 51 для охлаждения.

Перед выпариванием культуральная жидкость подогревается до температуры 95...100 °С и далее поступает в вакуум-выпарной аппарат 42, а конденсат из конденсатора 41 отводится в сборник 43. После выпаривания культуральная жидкость с содержанием сухих веществ около 40 % представляет собой жидкий концентрат, который перекачивается в сборник 44.

Концентрат культуральной жидкости может быть высушен в распылительной или сублимационной сушилке 45 и через циклон 46 и рукавный фильтр 47 направлен в бункер 48 высушенного препарата.

Шнековым транспортером 49 ферментный препарат транспортируется в установку непрерывного осаждения 52 этанолом, куда из мерника 53 через теплообменник для охлаждения спирта 54 подается спирт. Осажденный препарат поступает в аппарат для отсушки ферментного осадка 56, откуда после центрифугирования на центрифуге 57 препарат направляется на барабанную вакуум-сушилку 58.

Высушенный препарат собирают в бункере 59, измельчают на измельчителе 60 и направляют в бункер 61, добавляют наполнитель из бункера 61, взвешивают на весах 63 и направляют в смеситель 64.

Фасование ферментных препаратов производят в фасовочных машинах 65 и 66 порциями по 17 кг или по 0,5 кг.

## 2.11. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПАСТЕРИЗОВАННОГО МОЛОКА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Молоко — биологическая жидкость, которая образуется в молочной железе млекопитающих и обладает высокой пищевой ценностью, иммунологическими и бактерицидными свойствами. Оно представляет собой сложную полидисперсную систему, состоящую из дисперсионной среды (воды — 83...89 %) и распределенных в ней сухих веществ (жир, белок, молочный сахар, минеральные соли, а также ферменты, витамины, газы и др.), называемых дисперсной фазой (17...11 %).

К молоку как сырью для производства высококачественных молочных продуктов предъявляют требования по физико-химическим, органолептическим и санитарно-ветеринарным показателям. Молоко должно быть натуральным, получено от здоровых коров, иметь чистый, приятный, сладковатый вкус и запах, свойственный свежему молоку; цвет от белого до светло-кремового, без каких-либо цветных пятен и оттенков; консистенция однородная, без сгустков белка и комочков жира, без осадка, плотностью не ниже 1027 кг/м<sup>3</sup>.

Не подлежит приемке молозиво в первые 7 дней после отела и стародойное молоко за 10...15 дней перед запуском коровы. Не допускается в молоке резко выраженных кормовых привкусов, особенно лука, чеснока, полыни, которые не исчезают и во время технологической обработки. Нельзя принимать молоко со стойким запахом химикатов и нефтепродуктов, с добавлением нейтрализующих веществ; с остаточным содержанием химических средств защиты растений и животных, а также антибиотиков; с прогорклым, затхлым привкусом, тягучей консистенции, что свидетельствует о наличии в больших количествах гнилостной и посторонней микрофлоры.

При приемке молока проводят также контроль его санитарно-микробиологического состояния один раз в декаду на механическую загрязненность, редуктазной или резазуриновой пробами на бактериальную обсемененность.

По результатам анализов молоко подразделяют на три сорта, каждый из которых перерабатывается отдельно.

Молоко, идущее на выработку продуктов детского питания, сычужных сыров, стерилизованных продуктов, должно отвечать требованиям высшего и первого сортов, но с содержанием соматических клеток не более 500 тыс/см<sup>3</sup>, по термоустойчивости — не ниже II группы (продукты детского питания и стерилизованные), по сычужно-бродильной пробе — не ниже II класса (сычужные сыры).

Химический состав молока, оказывая существенное влияние на его технологические свойства, выход, качество и пищевую ценность молочных продуктов, может изменяться в широких пределах в зависимости от периода лактации, возраста, состояния здоровья животных, условий их кормления, содержания, периодичности доения. Наибольшим изменениям подвергнуто содержание жира, затем белка, в меньшей степени лактозы и минеральных веществ.

С повышением содержания этих компонентов в молоке, увеличением размеров жировых шариков и мицелл казеина повышается выход сливочного масла, творога, сыра, сметаны, интенсивнее проходят технологические операции их выработки, улучшаются вкус и консистенция продуктов.

Биологическая ценность молока дополняется наличием почти всего комплекса известных и необходимых для организма человека витаминов, содержание которых изменяется в зависимости от рациона кормления животных.

Один литр молока удовлетворяет суточную потребность взрослого человека в животном жире, кальции, фосфоре; на 53 % — в животном белке; на 3,5 % — биологически активных незаменимых жирных кислотах и в витаминах А, С, тиамине; на 12,6 % — в фосфолипидах и т. д. Энергетическая ценность молока составляет 2720 кДж/кг.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Пастеризованное молоко различается по тепловой обработке, химическому составу, с внесением или без внесения наполнителей. Оно вырабатывается в следующем ассортименте: цельное (нормализованное и восстановленное), повышенной жирности, топленое, белковое, витаминизированное и нежирное. Основным видом является цельное молоко с массовой долей жира не менее 3,2 %, но выпускается также молоко с повышенной и пониженной массовой долей жира — 4,0; 6,0; 3,5; 2,5; 1,0 %.

Готовый продукт на предприятии подвергается технологическому и микробиологическому контролю. В соответствии с требованиями стандарта пастеризованное молоко должно иметь вкус и запах, свойственные свежему молоку, без посторонних привкусов и запахов; белый цвет со слегка желтоватым оттенком (для цельного молока); однородную консистенцию; не иметь осадка, белковых сгустков; массовая доля жира и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) должна соответствовать виду молока и стандарту; кислотность в мелкой упаковке должна быть не более 21 °Т (для белкового не более 25 °Т), в крупной — 22 °Т, степень чистоты не ниже I группы, температура не выше 8 °С.

Принятый режим пастеризации должен обеспечить получение молока со следующими бактериологическими показателями: общее количество бактерий пастеризованного молока группы А в бутылках и пакетах не более 50 000 в 1 мл, титр кишечной палочки не менее 3 мл; молока группы Б соответственно 100 000 и 0,3 мл, молока в крупной упаковке (не подразделяется на группы) не более 200 000 и 0,3 мл. Пастеризованное молоко не должно содержать патогенных микроорганизмов.

**Стадии технологического процесса.** Производство пастеризованного молока включает в себя следующие стадии:

- приемку молока и оценку его качества;
- очистку молока, охлаждение и резервирование;
- нормализацию по содержанию жира;
- подогрев и гомогенизацию;
- пастеризацию молока;
- охлаждение;
- фасование в тару;
- укупорку и маркировку тары;
- складирование, хранение и транспортирование готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** При производстве цельного пастеризованного молока производят его очистку, нормализацию, гомогенизацию, пастеризацию, фасование.

Начальные стадии технологического процесса производства пастеризованного молока выполняются при помощи комплексов оборудования для приема, охлаждения, переработки, хранения и транспортирования сырья. Для хранения принимаемого молока используют металлические емкости (танки). Молоко и продукты его переработки перекачиваются насосами. Приемку сырья осуществляют при помощи весов (молокосчетчиков), сепараторов-молокоочистителей, пластинчатых охладителей, фильтров и вспомогательного оборудования.

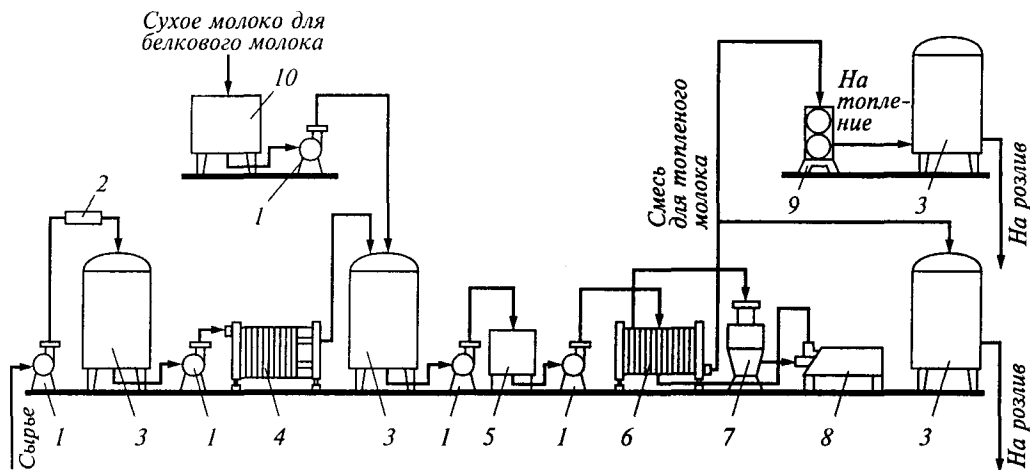


Рис. 2.11. Машинно-аппаратурная схема линии производства пастеризованного молока

Ведущий комплекс линии состоит из подогревателей, сепараторов-сливкоотделителей, гомогенизаторов, пастеризаторов, охладителей и емкостей для хранения полуфабрикатов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает фасование, упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Машинно-аппаратурная схема линии производства пастеризованного молока приведена на рис. 2.11.

**Устройство и принцип действия линии.** Вначале оценивается качество молока и производится его приемка, в процессе которой молоко перекачивается центробежными насосами 1 из автомолцистерн. Для определения количества молока на заводах используют устройства для измерения массы — весы и объема — расходомеры-счетчики 2. Масса принимаемого молока может устанавливаться также за счет использования емкостей 3 с тензометрическим устройством или путем использования тарированных емкостей.

Принятое молоко проходит первичную обработку, в процессе которой оно сначала очищается от механических примесей на фильтрах или сепараторах-молокоочистителях, а затем оно охлаждается до 4...6 °С на пластинчатых охладителях 4 и насосами 1 по трубам через уравнильный бачок 5 направляется в емкости хранения 3. Молоко с температурой не выше 10 °С допускается принимать без охлаждения. Охлажденное молоко хранится в емкостях 3 и нормализуется.

С помощью нормализации доводят до требований стандарта содержание в молоке жира или сухих веществ. В зависимости от жирности исходного сырья и вида вырабатываемого молока для нормализации по содержанию жира используют обезжиренное молоко или сливки, по содержанию сухих веществ — сухое обезжиренное молоко. На практике, как правило, приходится уменьшать жирность исходного молока.

Нормализацию молока проводят двумя способами: в потоке или путем смешивания. Для нормализации в потоке используют сепараторы-нормализаторы, в которых непрерывная нормализация молока совмещается с очисткой его от механических примесей.

Перед поступлением в сепаратор-нормализатор молоко предварительно нагревается до 40...45 °С в секции рекуперации пластинчатой пастеризационно-охладительной установки 6.

На предприятиях небольшой мощности молоко обычно нормализуют смешиванием в резервуарах 3. Для этого к определенному количеству цельного молока при тщательном перемешивании добавляют нужное количество обезжиренного молока или сливок, рассчитанное по материальному балансу. При производстве белкового молока используют сухое молоко, которое предварительно растворяют в емкости 10.

Для предотвращения отстоя жира и образования в упаковках сливочной пробки при производстве молока топленого, восстановленного и с повышенной массовой долей жира (3,5...6,0 %) нормализованное молоко подогревают до 40...45 °С и очищают на центробежных сепараторах-молокоочистителях 7 и обязательно гомогенизируют в гомогенизаторах 8 при температуре 45...63 °С и давлении 12,5...15 МПа. Затем молоко пастеризуют при 76 °С ( $\pm 2$  °С) с выдержкой 15...20 с и охлаждают до 4...6 °С с использованием пластинчатых пастеризационно-охладительных установок 6. Эффективность пастеризации в таких установках достигает 99,98 %.

При выработке топленого молока нагрев осуществляют при температуре 95...99 °С в трубчатых или пластинчатых пастеризаторах 9. Выдержку при данной температуре или процесс топления молока проводят в закрытых емкостях 3 в течение 3...4 ч. После топления молоко охлаждают в пластинчатых пастеризационно-охладительных установках до температуры 4...6 °С.

Затем молоко при температуре 4...6 °С поступает в промежуточную емкость 3, из которой направляется на фасование. Перед фасованием выработанный продукт проверяют на соответствие требованиям стандарта.

Пастеризованное молоко выпускают в стеклянных бутылках и бумажных пакетах, мешках из полимерной пленки, а также во флягах, цистернах с термоизоляцией, контейнерах различной вместимости. Фасование молока в мелкую упаковку проводится на автоматических линиях большой производительности, состоящих из нескольких машин, соединенных между собой конвейерами.

Линии по фасованию молока в стеклянные бутылки имеют производительность от 2000 до 36 000 бутылок в час. Заполнение молоком по уровню осуществляется с помощью фасовочной машины карусельного типа, укупоривание бутылок алюминиевыми колпачками производится на укупорочной машине. Затем бутылки автоматически укладываются в ящики.

Все шире используется для фасования пастеризованного молока тара разового потребления — полиэтиленовые мешки, бумажные пакеты. Такая тара значительно легче, компактнее, исключает сложный процесс мойки, гигиеничнее, удобнее для потребителя и транспортирования, требует меньших производственных площадей, трудовых и энергетических затрат.

Бумажные пакеты имеют форму тетраэдра (тетра-пак), снаружи покрыты парафином, внутри — полиэтиленом: формы бруска (брик-пак) с двусторонним покрытием полиэтиленом и применением аппликаторной ленты, что обеспечивает большую прочность швов по сравнению с пакетами тетра-пак.



В пакеты тетра-пак молоко фасуют на машинах, которые из движущейся и стерилизуемой (бактерицидной лампой) бумажной ленты сваривают рукав, заполняемый молоком. Через определенные промежутки времени зажимы с нагревателями пережимают рукав, образуя гирлянду пакетов с молоком, которые разрезают и ставят в корзину.

Для фасования молока во фляги применяют машины, работающие по принципу объемного дозирования. Цистерны наполняют молоком до специальных меток или с помощью молокосчетчиков.

Тару, в которой выпускают пастеризованное молоко, обязательно пломбируют и маркируют. На алюминиевых капсулах тиснением, на пакетах, этикетках и бирках для фляг и цистерн несмывающейся краской наносят маркировку: наименование предприятия-изготовителя, полное наименование продукта, объем в литрах (на пакетах), число или день конечного срока реализации, номер ГОСТа.

Хранят пастеризованное молоко при температуре 0...8 °С в течение 36 ч с момента окончания технологического процесса. Фасованное молоко должно иметь температуру не выше 7 °С и может быть сразу, без дополнительного охлаждения, передано в реализацию или направлено на временное хранение сроком не более 18 ч в холодильные камеры с температурой не выше 8 °С и влажностью 85...90 %.

В торговую сеть и предприятия общественного питания пастеризованное молоко доставляют специальным автотранспортом с изотермическими или закрытыми кузовами.

## 2.12. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Крупный рогатый скот — наиболее ценный источник получения мясных и молочных продуктов, а также продуктов убоя. По продуктивности крупный рогатый скот делят на мясной, молочный и комбинированный.

Показателями мясной продуктивности животных являются *убойная масса* (масса парной мясной туши с прилегающим поверхностным жиром, без головы, шкуры, внутренних органов и конечностей) и *убойный выход мяса* (убойная масса, выраженная в процентах от живой массы животного).

В процессе приемки партии крупного рогатого скота его рассортировывают по возрасту и полу на четыре группы: первая — волы и коровы; вторая — быки; третья — молодняк в возрасте от 3 месяцев до 3 лет; четвертая — телята в возрасте от 14 дней до 3 месяцев. Упитанность крупного рогатого скота определяют органолептическим путем, оценивая на ощупь подгрудок (соколок), поясничную часть, выступы седалищных костей (маклоки), паховую часть (щуп), корень хвоста, мошонку (у волов). Согласно стандартам разделяют три категории упитанности: высшую, среднюю и ниже средней (тощая), а у телят и быков — I и II категории.

Рассортированный скот взвешивают группами по упитанности и размещают в отдельных загонах на территории скотобазы, прекращая кормление за 24 ч до убоя для очищения желудочно-кишечного тракта. Затем скот подают в предубойные загоны, рассчитанные на двухчасовую бесперебойную работу линии убоя и разделки.

После предубойной выдержки животные поступают на первичную переработку для получения мясной туши и подготовки отделенных от туши органов и тканей для дальнейшей переработки на пищевые, лечебные и технические продукты.

*Мясо* — это туша или часть туши, полученная от убоя крупного рогатого скота, представляющая совокупность мышечной, жировой, соединительной и костной тканей. Качество мяса определяется количественным соотношением тканей и их физико-химическими и морфологическими характеристиками, зависящими от вида скота, породы, возраста и пола. Количественное соотношение тканей в мясе примерно составляет: мышечная ткань — 50...70 %, жировая ткань — 3...20 %, костная ткань — 15...22 %, соединительная ткань — 9...14 %.

Пищевая ценность мяса зависит от количественного соотношения влаги, белка, жира, содержания незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, микро- и макроэлементов, а также органолептических показателей мяса.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Крупный рогатый скот перед убоем оглушают с целью обеспечения обездвижения животных и полноты обескровливания, а также из-за гуманных соображений. Оглушенное животное теряет способность двигаться, у него прекращается деятельность высших нервных центров, нарушаются рефлексы и дыхание, но сердце еще продолжает работать. При правильном оглушении животное находится в состоянии шока в течение времени, достаточного для наложения путовой цепи на ноги, для подъема животного на путь обескровливания и для перевязывания пищевода (наложения лигатуры). Для оглушения крупного рогатого скота применяют электрический ток (электрооглушение), механическое воздействие на головной мозг (удар), или газовую анестезию (газовые смеси, содержащие не менее 60% углекислого газа).

Крупный рогатый скот обескровливают через 1,5 мин после оглушения. Полнота обескровливания определяется выходом крови, вытекающей в течение 6 мин после вскрытия кровеносных сосудов. Часть крови, оставшейся в туше, удаляется при извлечении внутренних органов в виде сгустков.

После обескровливания с головы туши животного вручную снимают шкуру, а затем отсекают голову.

Шкуры крупного рогатого скота должны быть сняты пластом. Для этого вскрывается шкура продольным разрезом по белой линии живота. Операции по съёмке шкур делят на забеловку и окончательное снятие шкуры. *Забеловка* — совокупность ручных операций по предварительному отделению шкуры с отдельных участков туши (главным образом в местах, где сила сцепления тканей кожных покровов и туши максимальна, а также на анатомических участках со сложным рельефом). При забеловке шкуру необходимо отделять только по линии подкожной клетчатки, не затрагивая поверхностный жировой слой туши и не повреждая шкуру. Площадь шкуры, снимаемой при забеловке крупного рогатого скота, в среднем достигает 25 % от общей ее площади.

Внутренние органы животного в полости тела разделены мышечной перегородкой (диафрагмой) на две части: грудную и брюшную. В грудной полости находятся сердце и легкие, в брюшной — желудок, кишечник, печень, почки и селезенка. Желудок крупного рогатого скота имеет четыре отдела: рубец, сычуг, книжку и сетку. Процесс удаления внутренних органов у туши называют *нутровкой*. При переработке скота на подвесных путях нутровку проводят в вертикальном положении туш. Растяжку туш осуществляют при продольной распиловке на подвесных путях. Внутренние органы должны быть извлечены из туши не позднее чем через 45 мин после обескровливания.

Туши распиливают по хребту со стороны спины на две продольные половины, не затрагивая спинного мозга. Распиловка необходима для быстрого охлаждения туш, удобства ее транспортировки и экономного использования емкости холодильных камер.

Для придания тушам товарного вида и обеспечения стойкости мяса при хранении их поверхности зачищают. При сухой зачистке с полутуш удаляют острым ножом абсцессы и побитости, снимая с туши оставшиеся кусочки шкуры и отделяя мяско-стный хвост. Собранный при зачистке жир передают в жировой цех. По окончании сухой зачистки полутуши моют теплой (35...40°С) или холодной водой.

После клеймения полутушки взвешивают для определения парной массы мяса и направляют их в камеры охлаждения.

**Стадии технологического процесса.** Первичная переработка крупного рогатого скота на конвейерных путях состоит из следующих последовательно выполняемых технологических стадий:

- электрооглушение, убой и обескровливание;
- забеловка и съемка шкур;
- извлечение внутренних органов (нутровка) и распиловка туш;
- сухая и мокрая зачистка туш;
- клеймение и взвешивание.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для убоя и обескровливания крупного рогатого скота, в состав которого входит бокс для оглушения, путовые цепи с подъемником или лебедкой и подвесной путь, полый нож для обескровливания, установка для сбора крови, машина для обрезки рогов и электропила.

В состав линии входит комплекс установок для съемки шкур, состоящий из цепного конвейера, устройства для растяжки задних ног туш, набора ножей, устройства для поддувки сжатого воздуха, дисковых ножей с электро- или пневмоприводами, помосты-стенды и подъемно-опускные площадки, а также установки для механической съемки шкур.

Далее следует комплекс оборудования для извлечения из туш внутренних органов, включающий цепной конвейер, электропилу для распиловки грудной кости туш, конвейерный стол для приема и инспекции внутренних органов, моеющее устройство для стерилизации ручного инструмента, электропила, автомат для продольной распиловки туш. Завершающий комплекс включает устройства для сухой и мокрой зачистки туш (специальные ножи, щетки для промывки туш и моечные машины), а также устройства для клеймения и взвешивания (бронзовые клейма, устройства для подачи туш к весам и весоизмерительные устройства).

На рис. 2.12 показана машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки крупного рогатого скота.

**Устройство и принцип действия линии.** Электрооглушение скота выполняют в боксе 1, представляющем собой устройство для фиксации животных в определенном положении. Удерживаемое фиксаторами животное поступает к месту выгрузки, а в это время оглушают следующее животное.

У места выгрузки фиксаторы опускаются, животное с помощью отражателя сбрасывают на пол цеха 2 для подъема на путь обескровливания. Здесь происходит наложение путовых цепей и подъем туш на подвесной путь с помощью лебедки.

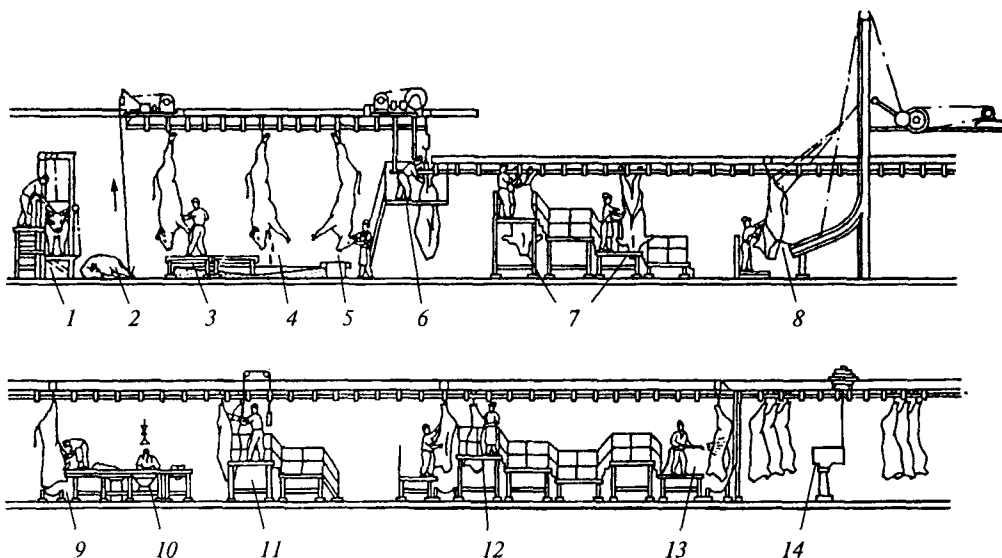


Рис. 2.12. Машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки крупного рогатого скота

Для получения пищевой крови полый нож 3 вводят в шею животного с правой стороны трахеи и ведут его по направлению снизу вверх, пока не войдет в правое предсердие. Конец шланга ножа держат опущенным в сосуд 4 для сбора крови. Когда обильное вытекание крови прекращается, полый нож извлекают из туши и перерезают простым ножом шейные кровеносные сосуды, чтобы стекла оставшаяся кровь, используемая для технических целей. Кровь стекает в поддоны, расположенные под подвесным путем конвейера.

Голову после съёмки шкуры отделяют ножом 5. Затем для дальнейшей обработки тушу пересаживают на конвейер забеловки 6. Высота подвесного пути на участке обескровливания 4,6 м, а на участке забеловки и последующих участках — 3,35 м.

В процессе пересадки снимают шкуру с задних ног, отделяют пуговой сустав, цевку и под ахилловы сухожилия обеих ног вставляют крючки, оканчивающиеся роликами, которые сажают на подвесной путь участка забеловки 7.

Шкуру вручную снимают с конечностей, шеи, а также с грудной и брюшной частей туши. Забеловку проводят для подготовки туш к механической съёмке шкуры. Установка для механической съёмки 8 работает на принципе отрыва. Шкуру от туши отделяют по подкожной клетчатке, которая наименее прочна. При забеловке и механической съёмке шкур могут возникнуть прирезы мышечной и жировой тканей на шкурах. Целесообразно после отделения шкуры от туши проводить удаление прирезей со шкуры (эта операция называется *обрядкой* шкуры).

Извлечение внутренних органов (нутровку) необходимо осуществлять как можно быстрее после убоя животного (не позднее 30 мин.). Вначале тушу разрезают по белой линии живота ножом 9, удаляют сальник, извлекают желудочно-кишечный тракт, ливер, печень, легкое, сердце, пищевод, трахею и диафрагму. Здесь же извлекают железы внутренней секреции для производства гормональных препаратов и ферментов. На конвейере нутровки 10 производят ветеринарный осмотр внутренностей.

Далее туши распиливают электропилой 11 на две половины, слегка отступив от линии верхних остистых отростков в сторону, чтобы не повредить спинного мозга.

При сухой зачистке ножом 12 извлекают спинной мозг, удаляют почки, хвосты, остатки диафрагмы, внутренний жир, травмированные участки туш и механические загрязнения.

Мойка туш водой в моечной машине 13 способствует удалению с поверхности не только механических, но и микробных загрязнений. Воду для мойки подают струями под значительным давлением.

Клеймение и взвешивание туш осуществляют с помощью клейм и весоизмерительных устройств 14.

### 2.13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПТИЦЫ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В состав мяса птицы входят мышечная ткань, соединительная ткань (рыхлая, плотная, жировая, хрящевая, костная, кровь) и нервная. Количественное соотношение этих видов тканей обуславливает химический состав, функционально-технологические свойства мяса, его питательную и товарную ценность.

Мышечная ткань птицы содержит полноценные и легкоперевариваемые белки, количество которых колеблется от 15,2 до 23,3 % в зависимости от вида и возраста птицы. Мышечная система птиц представлена совокупностью белых и красных мышц. Яркую окраску имеют мышцы, совершающие активную работу в процессе движения и имеющие высокое содержание природного пигмента-миоглобина.

Мясо птицы имеет своеобразный приятный вкус и аромат. В среднем в белом мясе кур содержится 0,5 % триглицеридов, 0,5 % фосфатидов, 46 мг % холестерина и 8 мг % стероидов. В красном мясе — соответственно 2 %, 0,8 %, 110 мг % и 20 мг %. В мышечной ткани птицы имеются почти все водорастворимые витамины, минеральные вещества и микроэлементы.

Жир птицы в остывшем состоянии имеет относительно плотную консистенцию. Цвет его обусловлен присутствием в нем каротиноидов, а у молодой птицы — наличием пигментов крови.

Органолептически возрастную группу мяса определяют по твердости киля и степени ороговения клюва. В зависимости от температуры в толще грудных мышц тушки подразделяют на остывшие (от 0 до 4 °С) и мороженые (не выше минус 8 °С). По упитанности тушки птицы всех видов могут быть первой и второй категории, а по способу обработки — потрошенные и полупотрошенные.

Масса тушек колеблется в широких пределах в зависимости от вида, пола, способа обработки. Например, масса охлажденной потрошенной тушки (без комплекта потрохов и шеи): бройлеры-цыплята — 675 г, куры — 850 г, утята — 1150 г, утки — 1350 г, гусята — 2150 г, гуси — 2550 г, индюшата — 1750 г, индейки — 2750 г, цесарята — 475 г, цесарки — 625 г.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Птицу для сдачи на убой сортируют по видам и возрасту. Взвешивают птицу после выдержки без корма: цыплят, кур, индюшат и индеек — в течение 6...8 ч, уток, гусят, гусей, цесарят и цесарок — в течение 4...6 ч.

Процесс первичной переработки птицы начинается с ее навешивания на конвейер при фиксировании за ноги в вертикальном положении. Автоматический подсчет птиц всех видов выполняют с помощью счетчика птицы.

Птицу оглушают электрическим током во время ее движения на конвейере. Длина участка электрооглушения рассчитывается исходя из необходимого времени воздействия электротока для обездвиживания. Установку для электрооглушения располагают на некотором расстоянии от места навешивания птицы, с тем чтобы после закрепления птицы в подвеске до оглушения прошло не менее 7...10 с.

При убое птицы должны быть обеспечены более полное обескровливание тушек и сбор крови, предохранение места разреза от соприкосновения с воздухом и наиболее легкая отдача пера при снятии оперения с тушек птицы. Убой птицы вручную осуществляют наружным или внутренним способом. При *наружном одностороннем способе* специальным ножом перерезают кожу, яремную вену, ветви сонной и лицевой артерий на 15...20 мм ниже ушного отверстия. При *наружном двустороннем способе* убоя специальным ножом прокалывают кожу на 10 мм ниже ушного отверстия. Движением ножа справа слегка перерезают одновременно правую и левую сонные артерии и яремную вену. Лезвием ножа прокалывают кожу с противоположной стороны головы, образуя сквозное отверстие для вытекания крови. При *внутреннем способе* убоя в ротовую полость вводят ножницы с остро отточенными концами и перерезают кровеносные сосуды в задней части неба над языком, в месте соединения яремной и мостовой вен. При правильном убое за 1,5...2,0 мин из тушек удаляется до 50% крови, содержащейся в живой птице. Промышленные способы обескровливания птицы основаны на перерезании сонной артерии и яремной вены. Обескровливание кур, цыплят, уток и утят производится автоматически, крупной птицы (гусей, индеек и цесарок) — вручную. При автоматическом убое уток и утят дисковым ножом отрезается клюв на уровне глазных впадин, при этом перерезаются и главные кровеносные артерии.

Для уменьшения силы удерживания пера тушки птицы подвергают тепловой обработке горячей водой — *шпарке*. При этом шею, голову и крылья подвергают дополнительной тепловой обработке — *подшпарке*. Температура шпарки зависит от вида и возраста птицы. Применяют мягкий и жесткий режимы шпарки в течение 80...120 с. При мягком режиме (53...54 °С) частично повреждается роговой слой эпидермиса кожи, а ростковый слой и собственно кожа практически не повреждаются. При шпарке птицы по жесткому режиму (60...62 °С) значительно ослабляется удерживаемость оперения, так что на машинах для ошипки удаляется в основном все перо. Подшпарку шеи и крыльев проводят при 61...65 °С в течение 30 с.

При снятии махового оперения берут оба крыла одной тушки, складывают и поддают в специальное устройство, которое направляет оба крыла к рабочим органам, захватывающим и выдергивающим маховое оперение. Таким же образом удаляют и хвостовое перо.

Принцип работы большинства машин и автоматов, снимающих оперение с тушек птицы, основан на использовании силы трения резиновых рабочих органов по оперению. Сила трения может быть тянущим усилием, приложенным к поверхности рабочего органа, соприкасающегося с оперением, только в том случае, если она превышает силу удерживаемости оперения в коже тушки. Силу трения вызывает сила нормального давления рабочих органов, действующая на оперение. Так, в пальцевой машине сила нормального давления рабочих органов на тушку возникает под действием массы тушки. В автоматах билного типа сила нормального давления возникает в результате энергии удара бил о тушку, в автоматах центробежного типа — за счет центробежной силы, зависящей от массы тушки.

Затем производят удаление внутренностей: кишечных комплектов, субпродуктов, желез. Операция необходима для обеспечения высоких санитарно-гигиенических показателей и хранимости мяса. Удаление внутренностей может быть полным (потрошение) и частичным (полупотрошение). Полупотрошение тушек проводят за специальным столом и на конвейере. Тушку кладут на стол головой от себя, брюшком вверх, делают продольный разрез стенки брюшной полости в направлении от клоаки к килю грудной полости. Затем извлекают кишечник вместе с клоакой и отделяют конец двенадцатиперстной кишки от желудка. Потрошение птицы проводят на линиях потрошения или на свободном участке линии первичной обработки птицы, а при отсутствии конвейерной линии — на специальных вешалках.

Полупотрошенные и потрошенные тушки подвергают сухой и мокрой зачистке. При этом тушки моют водой в душевых камерах. Для промывки тушек изнутри используют шланги с насадками.

Тушки птицы охлаждают воздушным и контактным способами. Контактный способ более эффективен, при этом тушки помещают в ледяную воду в специальной камере при температуре +2 °С.

Перед вкладыванием в пакет потрошеную тушку формируют. Тушки, упакованные в термоусадочную пленку, подают к вакуум-упаковочной машине, где пакеты вакуумируются, а затем на горловину накладывается и зажимается алюминиевая скрепка. Пакеты с тушками подаются в термоусадочную камеру, где пленка подвергается усадке при 96...200 °С.

**Стадии технологического процесса.** Первичную переработку птицы можно разделить на следующие стадии:

- навешивание птицы на подвески конвейера;
- электрооглушение, убой и обескровливание;
- тепловая обработка тушек (шпарка);
- снятие оперения с тушек птицы;
- извлечение внутренностей (полупотрошение и потрошение тушек);
- мойка, охлаждение и упаковка тушек птицы.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования, включающего подвесной пространственный конвейер с подвесками, а также транспортер со счетчиком птицы.

Следующим является комплекс оборудования, состоящий из аппаратов для электрооглушения птицы, машин для убоя и обескровливания.

Одним из основных комплексов оборудования линии являются унифицированные аппараты для тепловой обработки тушек птицы, подшпарки концов крыльев, шеи и головы, а также шпарки кур и цыплят.

Ведущим является комплекс оборудования для снятия оперения с тушек птицы, включающий дисковые автоматы для ощипки тушек птицы, пальцевые машины для снятия оперения, а также автоматы бильного типа для снятия оперения и бильно-очистные машины.

Завершающий комплекс включает оборудование для потрошения, состоящее из машин для разрезания кожи шеи у тушек птицы, для окончательного отделения шеи птицы, для отделения голов и ног, вскрыватели тушек птицы и извлекатели внутренностей, а также машины для разрезания и мойки желудков.

Финишным является комплекс оборудования для мойки, охлаждения и упаковки тушек птицы, состоящий из бильно-душевой машины, моющих устройств, ванны охлаждения и орошения, упаковочных и термоусадочных машин.

На рис. 2.13 показана машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки птицы.

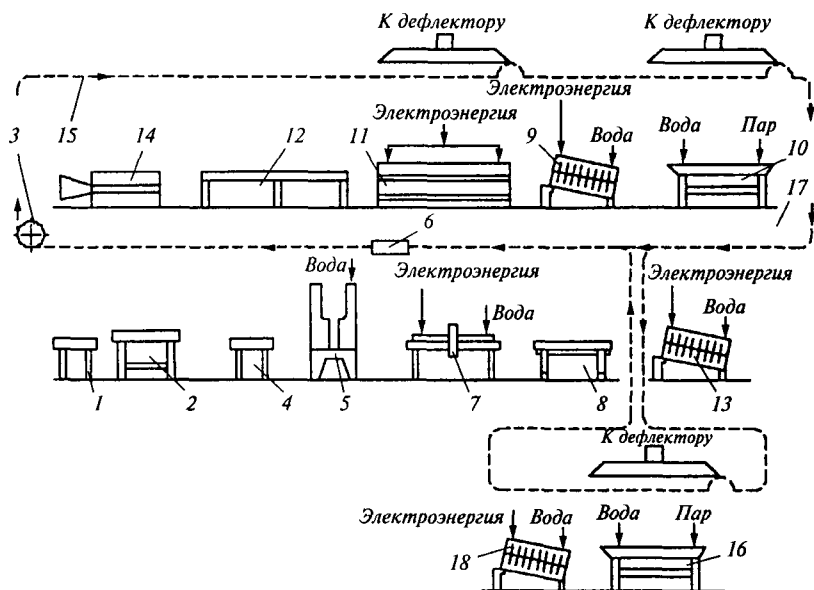


Рис. 2.13. Машинно-аппаратурная схема линии первичной переработки птицы

**Устройство и принцип действия линии.** Живую птицу (цыплят-бройлеров, кур-несушек и т.п.) навешивают на подвески конвейера 1, который с помощью транспортера 2 через счетчик 3 подает ее на электрооглушение в аппарат 4.

После электрооглушения проводят обескоровливание птицы наружным способом в машине для убоя 5 с помощью дисковых ножей. Обескоровливание тушек и сбор крови происходит в ванне 6, после чего тушки направляются в ванну 7 для тепловой обработки. Ванна состоит из секций, внутри каждой смонтирован ороситель, а воду в них подогревают острым паром.

Из ванны 7 тушки поступают в машины для удаления оперения 8 и 9, оснащенные дисковыми рядами с резиновыми пальцами. Каждый дисковый ряд автономно регулируется по высоте, ширине и углу поворота относительно своей продольной оси. При обработке тушек в эти машины непрерывно подается горячая вода температурой до 45 °С. При необходимости оставшееся мелкое оперение и пух удаляют вручную, автоматически опаливают и обмывают холодной водой.

Далее отделяют головы и ноги тушек птицы соответственно в машинах 10 и 11. Особенностью машины 10 для отделения голов является наличие специальных рабочих органов, исключающих повреждение крыльев и обеспечивающих отделение голов независимо от размеров тушек. Машина 11 для отделения ног может устанавливаться как на поворотном участке конвейера, так и на прямом. Съемник отрезанных ног 12 имитирует движение рук оператора. Здесь же установлено устройство 13 для сброса лапок и устройство 14 для мойки самих подвесок.

После этого тушки перевешивают на конвейер потрошения 15, где с помощью транспортера 16 они попадают на вскрыватель тушек 17, где вырезается клоака, а с



помощью извлекателя 18 из них извлекаются внутренности, после чего тушки подвоятся к транспортеру 19 для разбора потрохов и подвергаются электроклею на аппарате 20. На транспортере 19 производится контроль качества потрошения, а также отделение сердца и печени от комплекта внутренностей. Отделенные сердце и печень опускают в приемники с лопатками, откуда по гидрожелобу они попадают в насос для перекачки потрохов. После отделения сердца и печени кишечник вместе с желудком отделяют от тушки и бросают на ленту транспортера, которая подает их в машину 21 для обработки желудков. В машине 21 кишечник отделяется от желудка, желудок разрезается, отделяется от содержимого и подается в моющий шнек 22. Из шнека 22 мытый желудок подается на стол машины 23 для снятия кутикулы, после чего желудки через горловину машины насосом перекачиваются в охладитель потрохов. Для удаления зоба, трахеи, пищевода и остатков потрошения из тушек предназначена машина 24, рабочие органы которой оснащены фрезой специальной формы. При входе в тушку фреза начинает вращаться, протыкает тушку в районе ключицы и наматывает на себя остатки потрошения, зоб, трахею и пищевод. В машине 25 для отделения шеи тушек птицы происходит передавливание шеи на уровне второго позвонка и отделение ее от тушки. Машина 25 дополнительно оснащена ножом для продольного разрезания кожи шеи.

После внутренней и наружной мойки на машине 26 тушки с помощью устройства 27 направляются на мойку в устройство 28. Далее тушки попадают на конвейер охлаждения 29, состоящий из транспортера 30, ванны охлаждения и орошения 31, а также секционного транспортера 32. Охлажденные контактным способом тушки направляются на упаковку.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Производство и готовая продукция на линии первичной переработки сельхозсырья многопредметны и зависят от числа полезных компонентов, содержащихся в сырье.*

*2. Ведущими стадиями технологического процесса в этих линиях являются очистка, разборка исходного сельхозсырья, а также его консервация и упаковка.*

*3. Множество инженерных решений, направленных на механизацию технологических операций, обусловлено огромным диапазоном технологических свойств исходного сырья.*

*4. Перспектива развития линий просматривается преимущественно в создании оборудования для рационального извлечения и использования всех составных частей сельскохозяйственного сырья.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается принцип первичной переработки сельхозсырья на составляющие компоненты?
2. Что представляет собой исходное сырье в линии мукомольного производства?
3. Какие стадии технологического процесса составляют переработку хлебных злаков в муку?
4. В чем заключаются особенности производства сахара-песка из сахарной свеклы?
5. Какое оборудование входит в комплексы, составляющие линию производства сахара-песка?
6. Какие стадии технологического процесса обеспечивают переработку картофеля на крахмал?
7. Какой комплекс оборудования является ведущим в линии производства картофельного крахмала?
8. Каковы особенности производства растительного масла из семян подсолнечника?

9. Каковы устройство и принцип действия линии производства подсолнечного масла?
10. Что является исходным сырьем в производстве солода?
11. Какой комплекс оборудования является наиболее значимым в линии производства солода?
12. Какие способы производства спирта этилового ректификационного пищевого Вам известны?
13. Чем отличаются стадии технологического процесса в производстве спирта из крахмалосодержащего сырья и мелассы?
14. В чем заключаются особенности производства и потребления хлебопекарных дрожжей?
15. Какие стадии технологического процесса характерны для получения дрожжей из спиртовой бражки?
16. Каковы основные комплексы оборудования, составляющие линию производства пастеризованного молока?
17. Каковы устройство и принцип действия линии первичной переработки крупного рогатого скота?
18. Какое оборудование входит в ведущий комплекс для извлечения из туш внутренних органов?
19. Что входит в состав мяса птицы и приведите количественное соотношение этих составляющих?
20. Какие стадии технологического процесса обеспечивают первичную переработку птицы?

## Глава 3

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ СБОРКИ ИЗ КОМПОНЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

В линиях для вторичной переработки сельхозсырья в ходе технологического процесса выполняется сборка сырья с целью образования многокомпонентных пищевых сред. Главные операции такой сборки — дозирование и смешивание рецептурных компонентов, а также их формование и упаковка. Продукция, выпускаемая на таких линиях, предназначена для реализации населению, поэтому оборудование в них также обеспечивает выполнение финишных операций дозирования и упаковки.

#### 3.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Хлеб вырабатывают в виде штучных изделий, выпеченных из мучного теста, которое подвергнуто брожению. Поверхность изделий покрыта твердой корочкой, а внутри содержится мягкий, пористый, резинообразный мякиш.

Основным сырьем для производства хлеба является пшеничная и ржаная мука, а также питьевая вода. В качестве дополнительного сырья используют дрожжи, соль, сахар, жиры и различные пищевые добавки. Хлебопекарная мука изготовлена из мучнистых зерен мягкой пшеницы. Структура такой муки является сыпучей порошкообразной. Все дополнительное сырье преобразуют в промежуточные жидкие полуфабрикаты: растворы, эмульсии или суспензии.

Хлебопекарное тесто в результате замеса и брожения приобретает необходимые для данного вида хлеба кислотность и физические свойства: упругость, формоудерживающую и газоудерживающую способности, которые обеспечивают максимальный объем тестовых заготовок, поступающих на выпечку.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время в хлебопекарном производстве применяют два вида поточных линий, отличающихся по степени механизации. Выработка хлебобулочных изделий в ассортименте осуществляется на механизированных линиях, позволяющих в пределах ассортиментных групп переходить с производства одного вида продукции на производство другого. Массовые виды продукции (батоны, формовой и круглый подовый хлеб) вырабатывают на специализированных комплексно-механизированных линиях и автоматизированных линиях.

Основными процессами хлебопекарного производства являются замес и брожение рецептурной смеси-теста. При замесе перемешиваются компоненты, смесь подвергается механической обработке и насыщению пузырьками воздуха, происходит гидrolитическое воздействие влаги на сухие компоненты смеси, формируется губ-

чатый каркас теста. Брожение теста вызывается жизнедеятельностью дрожжей, молочно-кислых и других бактерий. При брожении в тесте протекают микробиологические и ферментативные процессы, изменяющие его физические свойства. Образуется капиллярно-пористая структура, удерживаемая эластично-пластичным скелетом, поры которого заполнены газом, состоящим из диоксида углерода, паров воды, спирта и других продуктов брожения. Происходит накопление ароматических и вкусовых веществ, определяющих потребительские свойства хлеба.

Продукция хлебопекарного производства выпускается в законченном товарном и потребительском виде. Срок хранения хлеба без специальной упаковки не превышает 1...2 суток, поэтому его производство организуют в местах непосредственного потребления. Для транспортирования хлеб укладывают на деревянные лотки, размещают последние на стеллажах или тележках и перевозят специализированными автомобилями.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление хлеба можно разделить на следующие стадии:

- подготовка сырья к производству: хранение, смешивание, аэрация, просеивание и дозирование муки; подготовка питьевой воды; приготовление и темперирование растворов соли и сахара, жировых эмульсий и дрожжевых суспензий;
- дозирование рецептурных компонентов, замес и брожение опары и теста;
- разделка — деление созревшего теста на порции одинаковой массы;
- формование — механическая обработка тестовых заготовок с целью придания им определенной формы: шарообразной, цилиндрической, сигарообразной и др.;
- расстойка — брожение сформированных тестовых заготовок. После расстойки тестовые заготовки могут подвергаться надрезке (батоны, городские булки и др.);
- гидротермическая обработка тестовых заготовок и выпечка хлеба;
- охлаждение, отбраковка и хранение хлеба.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства хлеба выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды, соли, сахара, жира, дрожжей и других видов сырья. Для хранения сырья используют мешки, металлические и железобетонные емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, а муку — норями, цепными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных аппаратов, фильтров и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для темперирования, дозирования и смешивания рецептурных компонентов; брожения опары и теста; деления теста на порции и формования тестовых заготовок и полуфабрикатов. В состав этого комплекса входят дозаторы, тестоприготовительные агрегаты, тестомесильные, делительные и формующие машины.

Следующий комплекс линии включает оборудование для расстойки, укладки и выпечки тестовых заготовок. К нему относятся расстойные шкафы, механизмы для укладки, пересадки, нарезки тестовых заготовок и хлебопекарные печи.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает охлаждение, упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит оборудование остывочных отделений, экспедиций и складов готовой продукции.

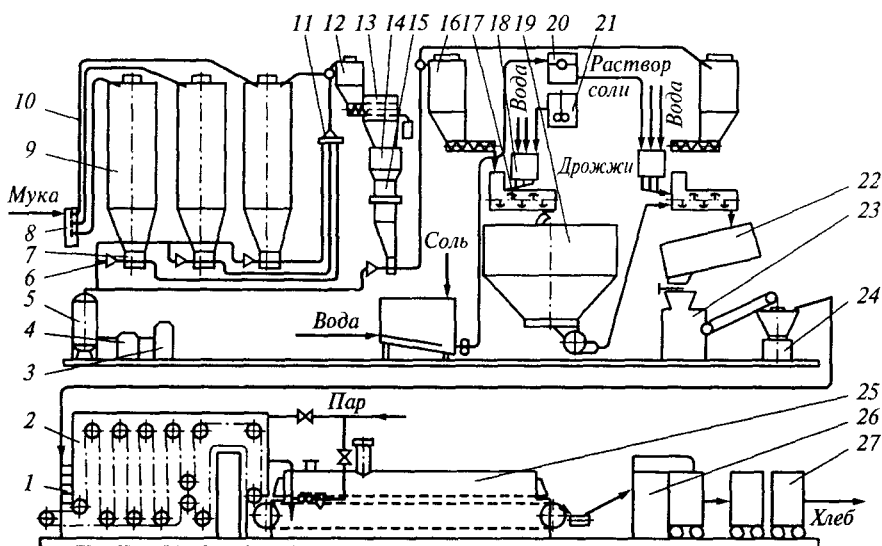


Рис. 3.1. Машинно-аппаратурная схема линии производства хлеба

На рис. 3.1 показана машинно-аппаратурная схема линии для производства одного из массовых видов хлеба — подового хлеба из пшеничной муки.

**Устройство и принцип действия линии.** Муку доставляют на хлебозавод в автомуковозах, принимающих до 7...8 т муки. Автомуковоз взвешивают на автомобильных весах и подают под разгрузку. Для пневматической разгрузки муки автомуковоз оборудован воздушным компрессором и гибким шлангом для присоединения к приемному щитку 8. Муку из емкости автомуковоза под давлением по трубам 10 загружают в силосы 9 на хранение.

Дополнительное сырье — раствор соли и дрожжевую эмульсию хранят в емкостях 20 и 21. Раствор соли предварительно готовят в специальной установке.

При работе линии муку из силосов 9 выгружают в бункер 12 с применением системы аэрозольтранспорта, который кроме труб включает в себя компрессор 4, ресивер 5 и воздушный фильтр 3. Расход муки из каждого силоса регулируют при помощи роторных питателей 7 и переключателей 11. Для равномерного распределения сжатого воздуха при различных режимах работы перед роторными питателями устанавливают ультразвуковые сопла 6.

Программу расхода муки из силосов 9 задает производственная лаборатория хлебозавода на основе опытных выпечек хлеба из смеси муки различных партий. Такое смешивание партий муки позволяет выравнивать хлебопекарные качества рецептурной смеси муки, поступающей на производство. Далее рецептурную смесь муки очищают от посторонних примесей на просеивателе 13, снабженном магнитным уловителем, и загружают через промежуточный бункер 14 и автоматические весы 15 в производственные силосы 16.

В данной линии для получения хорошего качества хлеба используют двухфазный способ приготовления теста. Первая фаза — приготовление опары, которую замешивают в тестомесильной машине 17. В ней дозируют муку из производственного

силоса 16, также отtemперированную воду и дрожжевую эмульсию через дозировочную станцию 18. Для замеса опары используют от 30 до 70 % муки. Из машины 17 опару загружают в шестисекционный бункерный агрегат 19.

После брожения в течение 3,0...4,5 ч опару из агрегата 19 дозируют во вторую тестомесильную машину с одновременной подачей оставшейся части муки, воды и раствора соли. Вторую фазу приготовления теста завершают его брожением в емкости 22 в течение 0,5...1,0 ч.

Готовое тесто стекает из емкости 22 в приемную воронку тестоделительной машины 23, предназначенной для получения порций теста одинаковой массы. После обработки порций теста в округлительной машине 24 образуются тестовые заготовки шарообразной формы, которые с помощью маятникового укладчика 1 раскладывают в ячейки люлек расстойного шкафа 2.

Расстойка тестовых заготовок проводится в течение 35...50 мин. При относительной влажности воздуха 65...85 % и температуре 30...40 °С в результате брожения структура тестовых заготовок становится пористой, объем их увеличивается в 1,4...1,5 раза, а плотность снижается на 30...40 %. Заготовки приобретают ровную гладкую эластичную поверхность. Для предохранения тестовых заготовок от возникновения при выпечке трещин-разрывов верхней корки в момент перекладки заготовок на под печи 25 их подвергают надрезке или наколке.

На входном участке пекарной камеры заготовки 2...3 мин подвергаются гигротермической обработке увлажнительным устройством при температуре 105...110 °С. На среднем и выходном участках пекарной камеры заготовки выпекают при температуре 200...250 °С. В процессе движения с подом печи тестовые заготовки последовательно проходят все тепловые зоны пекарной камеры, где выпекаются за промежуток времени от 20 до 55 мин, соответствующий технологическим требованиям на выпускаемый вид хлеба.

Выпеченные изделия с помощью укладчика 26 загружают в контейнеры 27 и направляют через отрывочное отделение в экспедицию.

### 3.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Макароны — кулинарный полуфабрикат из высушенного пресного пшеничного теста, который перед употреблением в пищу подвергается варке. Ассортимент макаронных изделий подразделяют на типы и виды: трубчатые (длинные, короткорезанные, рожки, перья), нитеобразные (вермишель), ленточные (лапша), фигурные (ракушки, суповые заправки) и др.

Основным сырьем для производства макарон является пшеничная мука, а также питьевая вода. Для повышения пищевой ценности макарон иногда используют дополнительное сырье: яйцопродукты, белковые смеси и другие пищевые добавки-обогагатели. Применяется мука из твердой (дурум) и мягкой стекловидной пшеницы в виде крупки или полукрупки. Некоторые виды макаронных изделий изготавливают из хлебопекарной муки. Дополнительное сырье преобразуют в жидкие промежуточные полуфабрикаты.

Макаронное тесто состоит в основном из муки и воды, разрыхлители отсутствуют. Оно содержит меньше влаги, чем хлебопекарное тесто, и перед подачей в макаронный пресс представляет собой рыхлую массу из крошек и небольших комочков. Отформованные мягкие сырые тестовые заготовки после высушивания превращаются в твердые прочные макаронные изделия.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Массовые виды макаронных изделий вырабатывают на четырех типах поточных линий. Короткие изделия производят на линиях с конвейерными или барабанными сушилками. Для производства длинных изделий применяют линии с сушкой в цилиндрических каскетах либо с сушкой на бастунах — тонких металлических трубках.

Взаимодействие химических соединений муки и воды является решающим фактором производства и потребления макаронных изделий. При приготовлении теста в макаронную муку влажностью 15 % добавляют такое количество воды, чтобы влажность смеси стала 29,5...31,0 %. Этот диапазон влажности соответствует применяемому наиболее часто среднему замесу макаронного теста. На первом этапе замеса производится предварительное смешивание компонентов до образования крошкообразной массы. В процессе замеса происходит диффузия воды во внутрь частиц муки, растворение водорастворимых веществ, набухание белков и углеводов, входящих в состав муки. Для протекания этих процессов необходим определенный промежуток времени — выдержка теста. На следующем этапе замеса проходит пластикация сухих, твердых химических соединений муки и образование коллоидной системы — теста. Оно является, по существу, твердо-жидким телом, обладает одновременно упругоэластичными и пластично-вязкими свойствами. Для проведения такого сложного преобразования рецептурной смеси в готовое тесто требуются значительные механические воздействия. В условиях механизированного производства макарон второй этап замеса осуществляется шнеками макаронного пресса за счет интенсивного сдвига слоев теста.

Следующая стадия взаимодействия химических соединений муки и воды происходит при сушке отформованных тестовых заготовок макаронных изделий. Непосредственно на выходе из матрицы макаронного пресса пряди заготовок обдувают воздухом для быстрой подсушки поверхности, что снижает пластичность заготовок и придает им упругость и устойчивость к деформациям, слипанию и искривлению. Затем заготовки в течение 0,5...2 ч подвергают предварительной сушке и удаляют от одной трети до половины влаги от того количества, которое должно быть удалено из заготовок. Такое интенсивное обезвоживание за сравнительно короткое время возможно только на первом этапе сушки, когда заготовки еще пластичны и не возникает опасности растрескивания. В результате предварительной сушки происходит стабилизация формы заготовок, предотвращается их закисание, плесневение и вытягивание.

На последующих этапах сушки тестовые заготовки приобретают свойства твердообразных тел и находятся в области упругих деформаций. Чтобы избежать растрескивания и искривления заготовок, требуется более длительный период сушки, снижение скорости испарения влаги с поверхности заготовок до скорости ее диффузии из внутренних слоев к наружным.

При охлаждении высушенных тестовых заготовок условием сохранения их правильной формы являются продолжительные процессы перераспределения температуры и влаги в их объеме. Для этого применяют операции выстаивания или стабилизации макаронных изделий в соответствующих устройствах.

Готовые макаронные изделия очень гигроскопичны и обладают повышенной адсорбционной активностью. Изделия, предназначенные для длительного хранения, не должны иметь влажность выше 11 %. Влажность выше 16 % уже становится опасной в отношении плесневения. Поэтому при хранении макарон требуется соблюдение определенных климатических условий. При них упакованные изделия могут храниться в течение года.

Взаимодействие между составными веществами макарон и водой происходит также при их кулинарной обработке — варке. Поведение при варке — важнейший показатель качества макаронных изделий. Он характеризуется увеличением объема и сохранностью сухих веществ. Увеличение объема должно быть не менее двукратного. Чем меньше экстрактивных веществ переходит в варочную воду, тем выше ценятся макаронные изделия. Мука из твердой пшеницы меньше набухает и лучше удерживает экстрактивные вещества, чем мука из мягкой пшеницы.

**Стадии технологического процесса.** Производство макаронных изделий включает следующие основные стадии и операции:

- подготовка сырья к производству — хранение, смешивание, просеивание и дозирование муки; приготовление воды и добавок-обогащителей;
- дозирование и смешивание рецептурных компонентов; вакуумирование крошкообразной смеси;
- замес и прессование теста; формование и резка сырых тестовых заготовок;
- сушка, стабилизация и охлаждение тестовых заготовок;
- подготовка макаронных изделий к упаковке; упаковывание изделий в потребительскую и торговую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии производства макаронных изделий выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды и добавок-обогащителей. Для хранения сырья используют мешки, металлические емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, нориями, а муки — нориями, цепными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки, жидкие полуфабрикаты перекачивают насосами. Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных уловителей, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для дозирования, смешивания и вакуумирования рецептурных компонентов, макаронного пресса, режущего и обдувочного устройств.

Завершающие стадии производства выполняют при помощи сушильных аппаратов, накопителей-стабилизаторов, машин для фасования и групповой упаковки макаронных изделий.

На рис. 3.2 приведена машинно-аппаратурная схема линии производства короткорезанных макаронных изделий.

**Устройство и принцип действия линии.** Автомуковоз подключают к мукоприемному щитку 6 и загружают муку в один из силосов 5 для ее хранения. С помощью шнековых питателей 4 муку выгружают из различных силосов 5 в нужных пропорциях и смешивают винтовым конвейером 3. После контрольного просеивания в центробежном просеивателе 2 мука через роторный питатель подается воздуходувкой 1 в тестомесильное отделение. Мука отделяется от транспортирующего воздуха в циклоне 7.

Часть воды и добавки-обогащители через дозаторы 28 загружают в смеситель 27 и готовят концентрированную эмульсию. Насосом 26 ее вместе с оставшейся частью воды дозируют в расходный бак 21, снабженный терморегулирующей рубашкой. Из этого бака готовая эмульсия подается насосом 19 в тестомесильное отделение.



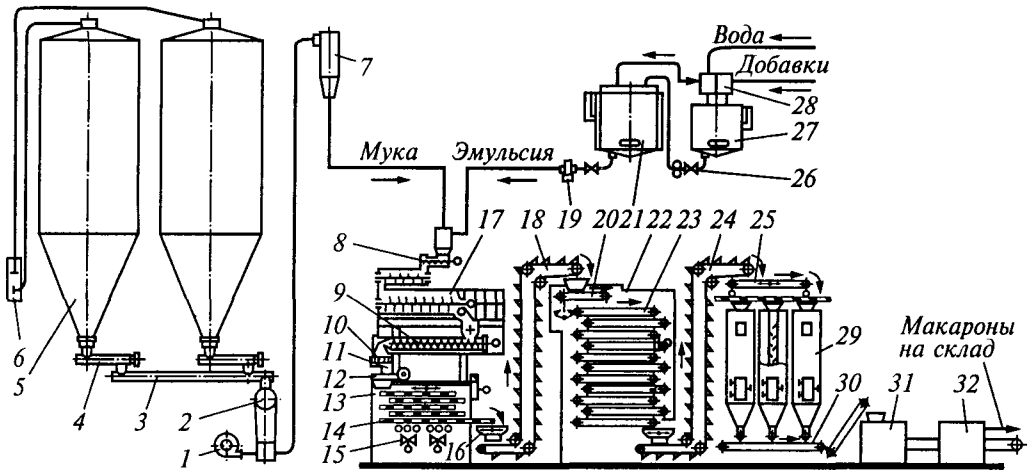


Рис. 3.2. Машинно-аппаратурная схема линии производства макаронных изделий

Муку и эмульсию дозаторами 8 непрерывно подают в тестосмеситель 17. Он имеет три отдельные камеры, через которые последовательно проходит обрабатываемая смесь, что позволяет увеличить продолжительность замеса до 20 мин. На завершающем этапе замеса в последней камере смесь подвергается вакуумированию при помощи вакуум-насоса. Благодаря этому получается более плотная структура макаронного теста без воздушных включений, а также в дальнейшем высушенные изделия с равнопрочной структурой без раковин.

Затем смесь поступает в шнеки макаронного пресса 9. В начальной части шнековой зоны смесь подвергается интенсивному перемешиванию, передвигаясь по шнековому каналу к формующим отверстиям матрицы, она превращается в плотную связанную пластифицированную массу — макаронное тесто. В предматричной камере пресса создается давление 6...12 МПа, под действием которого через матрицу 10 выпрессовываются сырые пряди теста.

Ножи 11, вращаясь в плоскости выходных отверстий матриц, отрезают от тестового потока необходимые по длине тестовые заготовки, которые обдуваются воздухом из кольцевого сопла 12.

Сырые заготовки макаронных изделий направляются в секции вибрационного подсушителя 13. В секции продукт проходит сверху вниз по пяти вибрирующим ситам 14, обдувается воздухом от вентилятора 15 и подсушивается. Затем поток подсушенных тестовых заготовок объединяется в вибротлке 16 и элеватором 18 транспортируются к устройству 20, которое распределяет их равномерным по толщине слоем по всей площади верхнего яруса 23 сушилки 22. Тестовые заготовки, проходя сверху вниз ленточные конвейеры, высушиваются. В зависимости от ассортимента и производительности линии в ее состав включают две или три ленточные конвейерные сушилки, установленные последовательно. В них тестовые заготовки проходят предварительную и окончательную сушку.

После сушки нагретые заготовки элеватором 24 и подвижным ленточным конвейером 25 направляются в бункера 29 накопителя-стабилизатора. В них заготовки постепенно остывают до температуры помещения цеха, в них происходит выравнивание влагосодержания.

Готовые изделия системой конвейеров 30 подают в фасовочную машину 31 и упаковывают в коробки из картона или пакеты из полимерной пленки. В машине 32 пакеты упаковывают в торговую тару и отправляют на склад.

### 3.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАТЯЖНОГО ПЕЧЕНЬЯ И КРЕКЕРА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Затяжное печенье и крекер — разновидности печенья, имеющие анизотропную слоистую структуру, получаемую при выпечке заготовок, вырезанных из многослойного пласта теста.

Ассортимент крекера разделяют по способам приготовления теста: на дрожжах, на химических разрыхлителях или при совместном применении этих компонентов.

Вкусовые достоинства и усвояемость печенья организмом человека обусловлены тем, что готовые изделия отличаются хрупкостью и рассыпчатой структурой, а также намокаемостью — способностью поглощать значительное количество воды. Химический состав печенья обусловлен составом сырья: пшеничная мука, крахмал, сахар, жиры и др. В составе затяжного печенья и особенно крекера высока доля пшеничной муки.

Затяжное печенье и крекер лучше вырабатывать из муки со слабой клейковиной. При использовании муки с сильной клейковиной печенье получается деформированным, с негладкой поверхностью и нередко с пузырями.

Основным полуфабрикатом производства является многослойный пласт, образованный в результате прокатки (вальцевания) упругого (затяжного) теста в тонкие слои, складывания этих слоев и повторной их прокатки. Из этого пласта ротационным способом вырезают заготовки и выпекают из них готовые изделия.

Для затяжного печенья обычно применяется групповая упаковка изделий в пакки, а крекер предварительно отвешивают порциями и фасуют насыпью в пакеты из фольги или полимерной пленки.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время затяжное печенье и крекер вырабатывают на непрерывных поточных линиях, обеспечивающих комплексную механизацию всех технологических процессов.

Ведущим комплексом производства затяжного печенья и крекера является получение многослойного пласта теста. Этот процесс связан с формированием двух типов структур: внутренней структуры слоев теста и многослойной макроструктуры пласта.

Формирование внутренней структуры слоев происходит при замесе затяжного и крекерного теста, когда создаются условия для более полного набухания белков муки. Этому способствует малое количество сахара и жира в тесте, большая влажность, повышенная температура теста и продолжительный процесс. Такой режим замеса теста создает оптимальные условия для образования в тесте губчатой структуры клейковины, которая обуславливает специфические физические свойства затяжного и крекерного теста — упругость и эластичность.

Упругие свойства теста существенно влияют на процесс формирования тестовых заготовок. При приложении нагрузки заготовки принимают новую форму, но не способны ее сохранить после снятия нагрузки. Упругость теста проявляется в том, что

заготовки после снятия нагрузки мгновенно восстанавливают прежнюю форму, а вследствие эластичности эта форма восстанавливается постепенно в течение некоторого промежутка времени.

В связи с тем что изотропная внутренняя структура упругого теста не обладает пластичностью, возникает необходимость получения еще одного полуфабриката, из которого можно отформовать тестовые заготовки для выпечки изделий. Таким полуфабрикатом является многослойный пласт, образованный в результате многократной прокатки и складывания слоев теста.

В процессе прокатки тесто испытывает деформации сдвига и сжатия. Вследствие этого в тесте возникают продольные и поперечные напряжения, сопровождающиеся удлинением и расширением пласта теста. Если тесто подвергается прокатке в одинаково чередующихся направлениях, то возникшие при этом напряжения от вытяжки и сжатия, т.е. продольные, будут значительно превалировать над напряжениями поперечными, т.е. от расширения пласта теста. При этом происходит сокращение отформованных тестовых заготовок по длине с искажением их формы: квадрат превращается в прямоугольник, круг — в овал.

Поэтому при формировании многослойного пласта обеспечивают получение анизотропной макроструктуры. Для этого пласт теста подвергается прокатке с правильным чередованием поворотов теста на угол  $90^\circ$ . Напряжения, возникающие при этом, равномерно распределяются по продольным и поперечным осям пласта. Таким образом, анизотропная макроструктура пласта обеспечивает как динамическое, так и статическое равновесие сил, вызывающих деформации тестовых заготовок. После снятия нагрузки происходит одинаковое изменение длины и ширины заготовок без существенного искажения формы.

В пласте теста после прокатки, т.е. снятия нагрузки, происходит релаксация — уменьшение и выравнивание внутренних напряжений, вызывающих деформацию тестовых заготовок. Релаксация теста происходит и тогда, когда оно находится в покое после прокатки пласта. В зависимости от количества клейковины в тесте суммарная продолжительность его выдержки составляет от 2-х до 3-х ч. В результате упругая составляющая деформации уменьшается, а пластическая составляющая возрастает.

В условиях непрерывно-поточного производства возникает необходимость сокращения продолжительности выдержки теста. Для этого в затыжное и крекерное тесто на химических разрыхлителях вводят добавки, быстро ослабляющие упругость клейковины, например пиросульфит натрия. В дрожжевое крекерное тесто добавляют ферментные препараты (энзимы), которые ускоряют процесс брожения теста, ферментативный распад клейковины и ослабление ее упругости.

Многократная прокатка и складывание пластов затыжного и крекерного теста формируют его слоистую и пористую структуру. При прокатке происходит равномерное распределение воздуха: избыток воздуха удаляется, крупные воздушные полости измельчаются, благодаря чему тесто приобретает мелкопористую структуру. Одним из эффективных способов улучшения качества слоеного теста является введение жировой прослойки между пластами теста при складывании. Жир препятствует склеиванию пластов, которые при растягивании превращаются в тонкие слои.

Следует отметить, что даже после длительной обработки затыжного и крекерного теста проявление его упругих свойств сохраняется. Поэтому тестовые заготовки возможно получить только из калиброванного многослойного пласта методом резания. Заготовки имеют простую конфигурацию (круг, квадрат и т.п.), на их поверхности

при помощи острого инструмента можно сделать лишь простейший рисунок или надпись. С целью выхода части газов, образующихся при разложении разрыхлителей, и удаления влаги тестовые заготовки необходимо прокалывать шпильками. При недостаточном количестве проколов печенье получается вздутым.

Для выпечки затяжного печенья и крекера применяется температурный режим выпечки-сушки, который отличается большей продолжительностью и сниженной температурой по сравнению с выпечкой других видов печенья. Это объясняется тем, что в затяжном тесте содержится больше влаги, подлежащей испарению. Снижение температуры позволяет увеличить продолжительность миграции влаги от внутренних слоев к поверхностным, так как с повышением температуры ускоряются структурные изменения в тесте, препятствующие удалению влаги.

Поэтому процесс выпечки затяжного печенья и крекера делят на пять периодов, которым соответствуют пять температурных зон пекарной камеры с определенными значениями относительной влажности. Конкретные значения параметров режима выпечки зависят от производительности печи, рецептуры и влажности теста и других факторов.

Особенности потребления затяжного печенья и крекера обусловлены незначительным содержанием жира и влаги: при соответствующей стойкости жира сроки хранения этих изделий достигают 6 месяцев.

**Стадии технологического процесса.** Производство затяжного печенья и крекера можно разделить на следующие основные стадии и операции:

— подготовка сырья к производству: хранение, темперирование, смешивание, просеивание сыпучих или фильтрование жидких видов сырья; измельчение и плавление твердых жиров; приготовление растворов пищевых добавок: соли, химических разрыхлителей и др.; приготовление дрожжевой разводки;

— дозирование рецептурных компонентов;

— приготовление эмульсии;

— замес теста;

— вылежка затяжного и крекерного теста на химических разрыхлителях для релаксации;

— выстойка крекерного дрожжевого теста для брожения и ферментации;

— приготовление многослойного пласта путем прокатки и складывания слоев теста;

— калибрование многослойного пласта и формование тестовых заготовок;

— выпечка и охлаждение тестовых заготовок;

— упаковывание готовых изделий в потребительскую и торговую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства печенья выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, крахмала, сахара, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют мешки, металлические емкости и бункеры. Сыпучие компоненты в мешках транспортируют при помощи погрузчиков либо без тары — норями, цепными и винтовыми конвейерами. Жидкие компоненты и полуфабрикаты перекачивают насосами.

Замес затяжного или крекерного теста выполняется в тестомесильных машинах периодического действия, в которых рецептурные компоненты дозируют при помощи весовых дозаторов и объемных мерников. Для выстойки крекерного дрожжевого теста применяют подкатные дежи либо бродительные аппараты непрерывного действия.

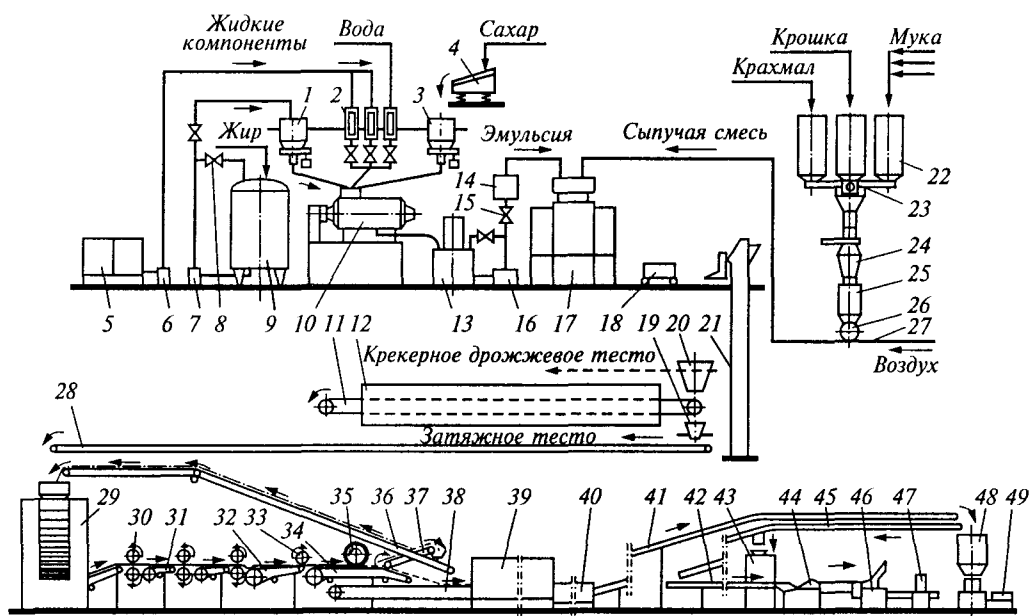


Рис. 3.3. Машинно-аппаратурная схема линии производства затяжного печенья и крекера

Ведущий комплекс линии включает тестовальную агрегат непрерывного действия — ламилятор, систему калибрующих валков и формующую машину с режущим ротором.

Завершающие стадии технологического процесса выполняются на комплексе оборудования, включающем кондитерскую печь, охлаждающий конвейер, фасовочные машины и транспортирующие устройства.

На рис. 3.3 показана машинно-аппаратурная схема линии производства затяжного печенья и крекера.

**Устройство и принцип действия линии.** Жидкие рецептурные компоненты (молоко, меланж и др.) после фильтрации хранятся в расходных емкостях 5, из которых насосами 6 загружаются в объемные дозаторы (мерники) 2. Блоки жира растапливают и после фильтрации загружают в расходную емкость 9, снабженную обогревательной рубашкой. Из этой емкости расплавленный жир перекачивают насосом 7 в бункерные весы 1 либо путем переключения кранов 8 осуществляют циркуляцию жира. Она необходима в перерывах между операциями дозирования жира, а также если температура жира находится за пределами оптимального интервала 38...42 °С.

Просеянный сахар питателем 4 загружают в бункерные весы 3. Для приготовления затяжного и крекерного теста обычно применяют сахар-песок, так как по сравнению с сахарным тестом в затяжном содержится больше влаги, увеличены температура и продолжительность замеса, что улучшает условия растворения кристаллов сахара. Однако применение сахарной пудры предпочтительно.

Мука из разных партий с различным качеством клейковины, крахмал и измельченные возвратные отходы размещаются в бункерах 22. Для приготовления рецептурной смеси эти сыпучие компоненты в необходимых соотношениях

выгружаются из бункеров 22 при помощи системы питателей 23, взвешиваются на весах 24 и накапливаются в производственном бункере 25. Из него при подаче сжатого воздуха в продуктопровод 27 и при переключении роторного питателя 26 взвешенная порция сыпучей мучной смеси подается в загрузочную воронку тестомесильной машины 17.

Эмульсию готовят в эмульсаторе 10, в который последовательно загружают рецептурные компоненты при непрерывном вращении месильной лопасти. Сначала загружают воду, жидкие компоненты и сахар, перемешивают их в течение 2...3 мин до полного растворения сахара, а затем добавляют жир, химические разрыхлители и ароматизаторы, продолжая перемешивать еще 3...4 мин.

Готовую эмульсию сливают в расходный бак 13, в котором она постоянно перемешивается при температуре 38...40 °С. Насосом 16 эмульсию через расходомер 14 дозируют в месильную машину 17 либо путем переключения кранов 15 осуществляют циркуляцию эмульсии в баке 13.

Замес теста производится в тестомесильной машине периодического действия 17. При непрерывном вращении месильных лопастей одновременно параллельными потоками в течение 4...6 мин загружают в машину 17 эмульсию и мучную смесь. Соотношение рецептурных компонентов должно обеспечить влажность теста для затыжного печенья в пределах 22...26 %. Температура теста поддерживается в интервале 38...40 °С. Продолжительность замеса затыжного теста составляет 15...18 мин и разделяется на две стадии: 0,5 мин при частоте вращения месильных лопастей 28 мин<sup>-1</sup>, а остальное время при частоте 56 мин<sup>-1</sup>. Конкретные значения влажности теста, температуры и продолжительности его замеса зависят от свойств муки, рецептуры и введенных добавок.

За несколько минут до окончания замеса непосредственно в тестомесильную машину 17 добавляют пиросульфит натрия в количестве 0,025...0,050 %. Максимальная дозировка этой добавки применяется для «сильной» муки с содержанием клейковины свыше 34 %. К концу замеса порошок пиросульфита натрия или его водный раствор необходимо равномерно распределить по всему объему теста.

Готовое тесто для затыжного печенья благодаря применению пиросульфата натрия не нуждается в выдержке. Его выгружают из тестомесильной машины 17 в подкатные дежи 18, которые затем закрепляют на подъемнике-дежеопрокидывателе 21. В зависимости от компоновки линии тесто может загружаться подъемником 21 непосредственно в приемную воронку ламинатора 29 либо перемещаться с помощью промежуточного конвейера 28 после опрокидывания дежи с тестом в воронку 19.

Замес крекерного дрожжевого теста в машине 17 начинается с загрузки дрожжевой разводки, затем при вращении месильных лопастей в течение 4...6 мин одновременно и параллельно подают порции эмульсии и мучной сыпучей смеси. В зависимости от рецептуры и свойств сырья получают дрожжевое тесто влажностью 26...30 % при температуре 26...30 °С в течение 15...18 мин.

Готовое дрожжевое тесто выгружают из машины 17 в подкатные дежи 18, из которых тесто при помощи подъемника 21 через воронку 20 загружается на пластинчатый конвейер 11 бродильного аппарата непрерывного действия 12. Этот аппарат снабжен автоматической системой поддержания оптимальных параметров воздушной среды в бродильной камере: температура 30±3 °С и относительная влажность

75±5 %. Конвейер 11 обеспечивает перемещение теста от входа к выходу аппарата 12 в течение 2 ч, необходимых для протекания процессов брожения и ферментации теста. Готовое крекерное дрожжевое тесто с конвейера 11 поступает на промежуточный конвейер 28 и затем загружается в приемную воронку ламинатора 29.

Тестовальцующая машина непрерывного действия — ламинатор 29 — состоит из нескольких пар гладких и рифленых валков и системы ленточных конвейеров, смонтированных на общей станине, снабженных регулировочными устройствами и контрольно-измерительными приборами. Ламинатор имеет две приемные воронки, дном каждой из них является пара валков. Они прокатывают две ленты теста, которые поступают на горизонтальный конвейер, накладываются друг на друга и вылеживаются. Затем трижды повторяется операция прокатки и вылеживания двуслойной ленты теста, при этом толщина слоев существенно уменьшается. На выходе из ламинатора выполняется операция многократного слоения полученной ленты с разворотом на 90° и формированием многослойного пласта теста.

Этот пласт калибруется по толщине тремя парами валков 30, соединенных короткими ленточными конвейерами 31. Толщина многослойного пласта постепенно уменьшается и доводится до размера, составляющего 0,5...0,3 толщины готовых изделий. Последняя пара валков имеет гладкие шлифованные поверхности и придает тесту глянец.

Для протекания эластичной деформации прокатанного пласта требуется определенный промежуток времени, поэтому пласт поступает на конвейер 32, длина которого подбирается в зависимости от физических свойств теста. Чтобы тесто не прилипло к валкам, на верхнюю поверхность пласта наносят муку, которая счищается цилиндрической щеткой 33.

Конвейер 34 подает калиброванный многослойный пласт теста под формирующий ротор 35. Он представляет собой цилиндр диаметром около 80 мм, на котором закреплены матрицы с режущими кромками. В корпус каждой матрицы установлено доньшко, к которому крепятся трафареты с рисунком и надписью, а также шпильки для прокалывания тестовой заготовки.

Отформованные тестовые заготовки перекладываются без нарушения рядности с конвейера 34 на сетчатый конвейер 38 печи 39. Просеченная лента многослойного пласта теста принимается конвейером 37 и передается на возвратный конвейер 36 для загрузки в одну из приемных воронок ламинатора 29.

Выпечка затяжного печенья продолжается 5...9 мин при следующих температурах по зонам (°С): 160...180; 280...290; 270...300; 260...290; 250...280. Для мелкого крекера этим параметрам соответствуют значения — 2,5...3,5 мин и 150...180; 200...215; 295...305; 275...285; 230...245 °С. Конкретные значения параметров выпечки зависят от производительности печи, рецептуры, размеров тестовых заготовок, влажности теста и готовых изделий и других факторов.

Выпеченное печенье предварительно охлаждается на выступающей части пода печи 40 и передается на многоярусный охлаждающий конвейер 41. На нем при естественных параметрах воздушной среды помещения цеха в течение 4...5 мин изделия охлаждаются до температуры 40...45 °С.

Устройство линии предусматривает три варианта упаковывания продукции в зависимости от ассортимента изделий. Крупные изделия правильной формы проходят два яруса охлаждающих конвейеров 41, 45 и снимаются на горизонтальный конвейер

42, поворачиваются укладчиком (стеккером) 44 на ребро и подаются в заверточную машину 46 для заворачивания в пачку. Последние на столе 47 укладывают в картонные коробки. Мелкие изделия загружаются в фасовочную машину 43 для упаковывания в пакеты. Часть незавернутой продукции может загружаться в бункер 48, из которого изделия упаковывают непосредственно в торговую тару — картонные коробки и взвешивают на весах 49. Короба с готовой продукцией укладывают на тележки или на конвейер и отправляют на склад.

### 3.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАФЕЛЬ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Вафли — мучные кондитерские изделия, представляющие собой тонкие выпеченные листы, прослоенные начинкой или без нее. Вафельные листы обладают специфическим свойством издавать хруст при раскусывании. Это обусловлено низким содержанием влаги, рифленной клетчатой поверхностью и мелкопористой внутренней структурой листов. Вафельные листы являются составной частью вафель, вафельных тортов, конфет на вафельной основе и др. Вафельные листы и стаканчики применяют при производстве мороженого.

В состав рецептуры вафельных листов входят мука пшеничная, питьевая вода, соль, гидрокарбонат натрия (сода), а также растительное масло и лецитин — натуральный эмульгатор. Два последних компонента могут быть заменены яйцепродуктами.

Для прослойки вафель применяют жировые, пралиновые, фруктовые, помадные и другие начинки. Наибольшее количество вафель вырабатывают с жировыми начинками, представляющими собой однородную, пышную, хорошо взбитую массу. Рецептурa жировой начинки включает жир, сахарную пудру, лецитин, крошку (измельченные обрезки вафель), вкусовые добавки (эссенции, лимонная кислота), а также красители.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время для производства вафель применяют поточные линии, в которых непрерывные процессы выпечки вафельных листов, намазки и резки вафельных пластов сопряжены с порционным приготовлением вафельного теста и жировых начинок. Разработаны также способы и оборудование для непрерывного приготовления вафельного теста и жировых начинок.

Особенностью производства вафельных листов является их формирование методом отливки и выпечка в полости между двумя металлическими плитами, сопряженными с зазором 2...3 мм. Качество выполнения этих операций существенно зависит от точности дозирования порции теста при подаче его на формирование, обусловленной низкой вязкостью теста. Тесто с большой вязкостью неточно дозируется, кроме того, оно медленно и неравномерно растекается по поверхности плиты формы, в результате вафельные листы имеют различную толщину и неравномерно выпекаются.

Свойства вафельного теста зависят от рецептуры и технологии производства. Количество и качество клейковины, содержащейся в муке, оказывают большое влияние на вязкость теста. Оптимальную вязкость имеет вафельное тесто, приготовленное из «слабой» муки, содержащей не более 32 % слабой клейковины. «Слабой» считают муку, которая при замесе теста нормальной консистенции поглощает относительно мало воды. Тесто из такой муки в процессе замеса и технологической обработки изменяет свои физические свойства в направлении снижения вязкости.



Для снижения вязкости вафельного теста необходимо ограничить набухаемость белковых веществ, содержащихся в муке. Этому способствуют имеющиеся в составе рецептуры жиросодержащие компоненты. Положительный эффект их применения достигается при условии образования жировой прослойки между наибольшим числом частиц муки, находящейся в тесте. Для этого необходимо диспергировать и гомогенизировать жиросодержащие компоненты, т.е. добиться тонкого измельчения жировой фазы и равномерного распределения ее в объеме теста.

При диспергировании жиров требуется не только измельчить частицы жира, но и исключить их повторное слипание. Это достигается при введении в состав рецептуры эмульгаторов — поверхностно-активных веществ, обладающих способностью при введении в небольших количествах способствовать образованию стойких жировых эмульсий (смесей воды и жира). Следует отметить, что диспергирование и гомогенизация жиросодержащих компонентов не только обеспечивают снижение вязкости вафельного теста, но и позволяют уменьшить его влажность, сократить количество оттеков при формовании и исключить прилипание выпеченных вафельных листов к формам.

Консистенция вафельного теста существенно зависит от влажности, температуры и продолжительности замеса. Необходима минимальная влажность теста, при которой обеспечивается устойчивая дисперсная система, не образующая агрегатов из частиц муки. При температуре выше 20 °С увеличивается вязкость теста вследствие большой набухаемости белков клейковины, а при сокращении продолжительности замеса тесто имеет неравномерную густую консистенцию.

В процессе выпечки необходимо удалить из теста значительное количество влаги (180 % к массе сухого вещества). Вследствие большой поверхности выпаривания в вафельных формах и небольшой толщины листов процесс выпечки продолжается в течение 2...3 мин при температуре поверхности плит 150...170 °С. Наиболее интенсивная влагоотдача наблюдается в начале выпечки. Вафельное тесто с первых секунд выпечки должно получать от греющих поверхностей вафельной формы наибольшее количество теплоты. Это приведет к интенсивному массообмену в контактном слое и к наибольшей влагоотдаче теста.

Особенностью выпечки вафельного полуфабриката является то, что разрыхление теста происходит благодаря бурному парообразованию. Использование химических разрыхлителей (гидрокарбоната натрия) незначительно влияет на образование пористой структуры листа, но позволяет увеличить хрупкость листов.

В конце выпечки, когда происходит удаление адсорбционно связанной влаги, затраты теплоты следует уменьшить, так как интенсивный подвод теплоты приводит к обугливанию изделий в результате резкого повышения температуры поверхности листа, примыкающего к вафельной форме. Хорошо выпеченный лист легко снимается с вафельной формы, обладает нормальным цветом и хрупкостью, что и характеризует момент окончания процесса выпечки.

Большое значение для получения вафельных листов высокого качества имеет процесс охлаждения их после выпечки. На некоторых предприятиях вафельные листы после выпечки складывают в стопки и помещают для длительной выстойки (до 10 ч) в теплую камеру. При этом способе выстойки все листы искривляются, а часть листов растрескивается. Листы такого качества можно намазывать начинкой только на малопроизводительных валковых машинах, требующих значительных затрат ручного труда.

Охлаждение вафельного листа (каждого в отдельности) при температуре и относительной влажности воздуха в помещении является наиболее рациональным режимом охлаждения, так как при этом увеличивается площадь теплоотдачи и за счет этого продолжительность охлаждения сокращается до 2...3 мин. Этот способ охлаждения предотвращает искривление вафельных листов и позволяет применять машины для автоматизированной намазки листов начинкой.

Вафли заворачивают во влагостойкие, жиро- и маслонепроницаемые упаковочные материалы: пергамент, пергамин, полимерная или комбинированная пленка и др. Срок хранения вафель с жировыми начинками составляет от двух до шести месяцев в зависимости от свойств применяемого жира и вида упаковки.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление вафель с начинкой можно разделить на следующие основные стадии и операции:

- подготовка сырья к производству: хранение, смешивание, просеивание и дозирование муки; подготовка питьевой воды; приготовление водного раствора смеси соли и соды, смеси растительного масла и лецитина и последующего приготовления из этих компонентов концентрированной эмульсии для теста; измельчение сахара-песка и вафельных обрезков; приготовление водного раствора смеси лимонной кислоты и эссенции, смеси жира и лецитина и последующего приготовления из этих компонентов эмульсии для начинки;

- приготовление вафельного теста: дозирование муки, воды и концентрированной эмульсии; замес вафельного теста;

- приготовление начинки: дозирование жира, сахарной пудры и эмульсии; замес начинки;

- дозирование вафельного теста, отливка порций теста в вафельные формы и выпечка вафельных листов;

- охлаждение вафельных листов;

- приготовление вафельных блоков;

- охлаждение вафельных блоков;

- резка вафельных блоков на заготовки;

- упаковывание вафель в потребительскую и торговую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства вафель с начинками выполняются при помощи комплексов оборудования для измельчения сахара-песка и вафельных обрезков, приготовления эмульсий для теста и начинки. В состав этих комплексов входят ударно-центробежные и валковые мельницы, растворители, обогреваемые емкости с мешалками, а также оборудование для дозирования рецептурных компонентов.

Два следующих комплекса выполняют замесы вафельного теста и начинки. Они состоят из дозирующего оборудования и месильных машин.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для получения заготовок вафель и содержит оборудование для формования, намазки, охлаждения и резки вафельных пластов.

В заключительный комплекс линии входит оборудование для упаковывания вафель в потребительскую и торговую тару.

На рис. 3.4 показана машинно-аппаратурная схема линии производства вафель с жировыми начинками, в состав которой входит оборудование для непрерывного приготовления вафельного теста и начинок.

**Устройство и принцип действия линии.** Приготовление теста непрерывным способом осуществляется путем предварительного приготовления эмульсий из всех компонентов рецептуры, за исключением муки, и последующего смешивания ее с мукой.

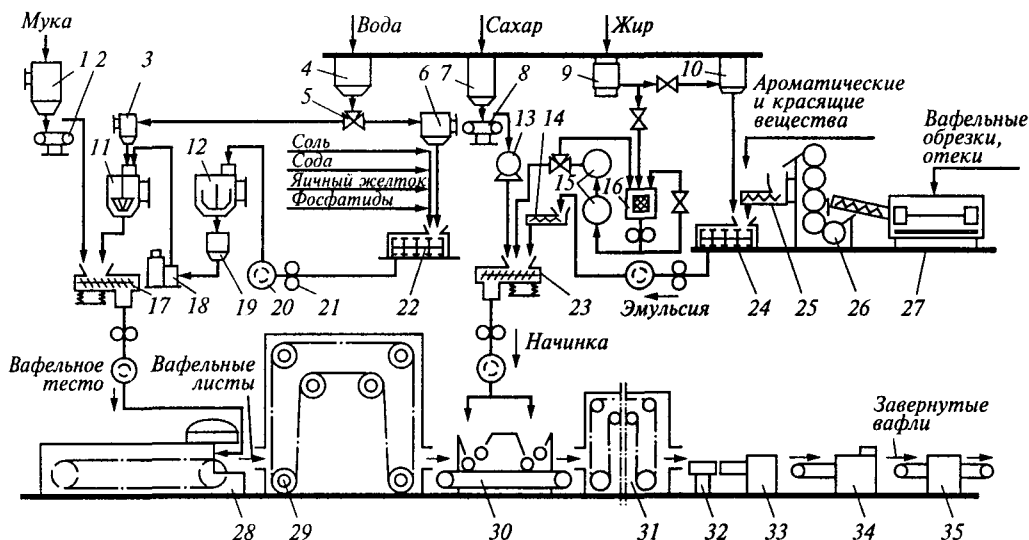


Рис. 3.4. Машинно-аппаратурная схема линии производства вафель

Приготовление эмульсии производят следующим образом. В эмульсатор 22 периодического действия с Т-образными лопастями с частотой вращения  $270 \text{ мин}^{-1}$  сначала загружают желток или меланж, предварительно разведенный в воде в соотношении 1 : 1, затем растительное масло, пищевые фосфатиды, гидрокарбонат натрия (соду) в виде 7,5 %-ного раствора, соль и перемешивают в течение 10...15 мин. К полученной из распределительного бака 4 через кран 5 с помощью порционного дозатора 6 добавляют примерно 5 % общего количества воды, идущей на замес теста, и перемешивают еще 5 мин. Полученную концентрированную эмульсию подают насосом 21 через фильтр 20 в расходную емкость 12 с мешалкой, откуда она поступает в бачок постоянного уровня 19. Бачок обеспечивает стабильный напор на всасывающей линии плунжерного насоса-дозатора 18, направляющего эмульсию в гомогенизатор 11. В нем при интенсивном перемешивании в небольшом объеме концентрированная эмульсия смешивается с оставшимся количеством воды, подаваемой из дозатора 3 непрерывного действия.

После гомогенизатора 11 разбавленная эмульсия непрерывно поступает в вибрационный смеситель 17. Туда же из бункера 1 дозатором 2 непрерывно подается просеянная мука. Непрерывное интенсивное смешивание разбавленной эмульсии с мукой при одновременном воздействии направленных вибрационных колебаний позволяет ускорить приготовление вафельного теста.

Из приемного бачка смесителя готовое тесто с помощью насоса процеживается через фильтр и подается в расходный бачок вафельной печи 28. Температура готового теста должна быть не выше  $20^\circ\text{C}$ , влажность 58...65 %. Формование вафельных листов осуществляется путем отливки заданной порции теста непосредственно в формы печи 28. Тесто заполняет внутреннюю полость толщиной 2...3 мм между металлическими плитами вафельной формы. Стабилизация формы листа происходит в

результате удаления влаги при выпечке. Температура выпечки составляет 170...210 °С, продолжительность выпечки 2...3 мин, влажность выпеченного вафельного листа 0,7...1,3 %, его масса — 48...52 г.

Вафельные листы из печи 28 подаются на люльки конвейера 29 и охлаждаются до температуры воздуха в помещении цеха, а затем поступают в намазывающую машину 30.

Непрерывное приготовление начинки осуществляется следующим образом. Вафельные обрезки и оттеки предварительно измельчают в меланжере 27, а затем в пятивалковой мельнице 26. Полученная вафельная крошка подается шнековым дозатором 25 в смеситель 24. В него же из темперирующей машины 9 с помощью дозатора 10 подается расплавленный жир (около 20 % общего его количества, идущего на приготовление начинки), в котором растворяют лецитин. В приемную воронку смесителя 24 дозируют также растворы лимонной кислоты, ароматизирующей эссенции и красителя. В результате смешивания этих компонентов получается пасетообразная эмульсия, которая шестеренчатым насосом подается через фильтр в дозатор непрерывного действия 14. Из него эмульсию дозируют в вибросмеситель 23.

Жир (в блоках) подают в темперирующую машину 9 и после перевода в жидкообразное состояние большая часть жира насосом непрерывно подается в охладитель 15 через сетчатый фильтр 16.

Благодаря охлаждению до 20...23 °С и механической обработке жир приобретает сметанообразную консистенцию с большим количеством центров кристаллизации и непрерывно загружается в вибрационный смеситель 23.

Сахар-песок из бункера 7 дозатором 8 подается в микромельницу 13, откуда в виде пудры направляется в вибросмеситель 23.

В результате интенсивной обработки смеси вышеперечисленных рецептурных компонентов в вибросмесителе 23 образуется пышная, взбитая жировая начинка. Она насосом через сетчатый фильтр подается в приемную воронку намазывающей машины 30.

В этой машине при помощи намазывающих механизмов на листы наносится слой начинки, а после укладки намазанных листов в стопки образуются многослойные вафельные пласты. На выходе из машины 30 пласты укладывают на люльки конвейера охлаждающего аппарата 31, а затем штабелером 32 в стопки. Далее пласты разрезают на отдельные изделия при помощи резальной машины 33. Заверточной машиной 34 вафли упаковывают в пакеты или пачки, которые затем укладывают в гофрокороба, склеиваемые машиной 35. Готовая продукция направляется на склад.

### 3.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРАМЕЛИ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Карамель представляет собой сахарные кондитерские изделия, состоящие в основном из твердого аморфного вещества — карамельной массы. Ассортимент карамели насчитывает более 200 наименований и делится на две основные группы: леденцовая карамель, изготовленная целиком из карамельной массы (изделия овальной и прямоугольной формы, фигурная карамель, монпансье и др.); карамель с начинкой, состоящая из наружной оболочки, изготовленной из карамельной массы, и начинки (изделия с фруктовыми, молочными, шоколадными, масляно-сахарными и другими начинками).

По внешнему оформлению карамель выпускают завернутую или открытую. Карамель поштучно заворачивается во влагонепроницаемую этикетку. Открытая карамель фасуется в разнообразную герметичную тару либо поверхности карамели подвергают защитной обработке. Ее покрывают тонким влагонепроницаемым слоем воско-жировой глазури или обсыпают сахаром-песком либо смесью какао-порошка и сахарной пудры.

Сырьем для приготовления карамели служит сахар, крахмальная патока и разнообразные заготовки и полуфабрикаты для начинок (фруктово-ягодные подварки и пюре, молочные и какао-продукты, жиры, орехи и др.). Широко используются пищевкусовые добавки (пищевые кислоты и ароматические эссенции, красящие вещества и др.).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В современном карамельном производстве массовые виды леденцовой карамели и карамели с жидкими начинками (фруктово-ягодными, молочными, помадными) вырабатывают на механизированных поточных линиях. Розничный ассортимент карамели производят на линиях, требующих частичного применения ручных операций.

Механизированное производство карамели отличается высокой интенсивностью процессов. При формовании карамели производительность достигает 1800...2200 изделий в минуту, а современные заверточные машины имеют производительность до 1000...1200 изделий в минуту. Такие условия производства предъявляют высокие требования к точности геометрических размеров, формы и прочностных характеристик изделий.

Карамельную массу получают путем уваривания водного раствора сахарозы и антикристаллизатора до остаточной влажности 2...4 %. В качестве антикристаллизатора используют крахмальную патоку, которую частично можно заменить инвертным сиропом.

Процесс обработки карамельной массы и изготовления из нее изделий обусловлен физическим состоянием и механическими характеристиками массы, которые прежде всего зависят от температуры. Карамельная масса при температуре выше 100 °С представляет собой вязкую жидкость. Вязкость массы при охлаждении увеличивается в десятки раз, а при температуре 65...75 °С она переходит в пластичное состояние, т. е. обретает способность принимать под давлением любую форму и сохранять ее. При дальнейшем охлаждении ниже 35...40 °С масса переходит в стекловидное аморфное состояние. Она становится твердой и хрупкой.

Особенности технологического процесса производства карамели обусловлены тем, что карамельная масса является весьма неустойчивой системой: сахар (сахароза) стремится принять свойственное ему кристаллическое состояние. Кроме того, при нагревании рецептурной смеси происходит химическое изменение сахарозы. Продукты такого изменения отличаются высокой гигроскопичностью, ухудшают внешний вид изделий и сокращают срок хранения карамели. Поэтому на всех стадиях технологического процесса требуется создание условий, обеспечивающих высокую стойкость карамельной массы. В частности, для снижения температуры и сокращения продолжительности удаления влаги из рецептурной смеси ее уваривают под вакуумом. Вкусовые добавки, содержащие кислоту, вводят после предварительного охлаждения карамельной массы. Необходимым условием при изготовлении карамели является охлаждение уваренной карамельной массы в возможно более короткие сроки, так как скорость кристаллизации сахарозы зависит от скорости охлаждения и с понижением температуры быстро падает из-за резкого повышения вязкости массы.

Поверхность готовой карамели должна обязательно защищаться от влияния окружающего воздуха. Незащищенная карамель, поглощая влагу из воздуха, быстро увлажняется, слипается и теряет товарный вид. Наиболее распространенным способом защиты является завертка карамели во влагонепроницаемую этикетку.

**Стадии технологического процесса.** Производство карамели разделяется на следующие стадии и операции:

— подготовка сырья к производству: освобождение от тары и хранение сахара, патоки, заготовок и полуфабрикатов; просеивание сыпучих продуктов и фильтрация жидких компонентов, десульфитация, темперирование, растворение или расплавление сырья для начинок;

— приготовление карамельного сиропа: дозирование сахара-песка, патоки (инвертного сиропа) и питьевой воды, растворение сахара, смешивание с патокой и уваривание рецептурной смеси;

— приготовление карамельной массы путем уваривания карамельного сиропа под вакуумом;

— обработка карамельной массы: охлаждение массы, дозирование карамельной массы, кислоты, эссенции и красителя, смешивание массы с добавками, выравнивание температуры по всему объему массы путем проминки или вытягивания (с одновременным насыщением массы пузырьками воздуха);

— приготовление начинок: дозирование, смешивание и уваривание рецептурных компонентов, дозирование вкусовых добавок, смешивание и темперирование уваренной рецептурной смеси;

— формование карамели: дозирование карамельной массы, обкатывание карамельного батона, дозирование начинки, калибрование карамельного жгута с начинкой, формование изделий определенной формы способами штампования или резания;

— охлаждение отформованной карамели: предварительное охлаждение на узком конвейере, окончательное охлаждение в охлаждающем агрегате;

— завертка карамели, фасование завернутой карамели в пакеты, упаковка пакетов (или завернутой карамели) в картонные короба.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства карамели с жидкими начинками выполняются при помощи комплексов оборудования для приготовления карамельного сиропа и начинки. В состав этих комплексов входят емкости для хранения и устройства для дозирования рецептурных компонентов, смесители и варочные аппараты.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для приготовления карамельной массы, формования и охлаждения карамели. В его составе находятся дозаторы карамельного сиропа, вкусовых добавок и красителей, вакуум-аппарат, охлаждающая и тянущая машины, темперирующая машина и дозатор для начинки, карамелеобкаточная, жгутовывтягивающая и формующая машины, а также узкий охлаждающий конвейер и охлаждающий агрегат.

Завершающие операции производства карамели выполняются комплексом оборудования, состоящим из заверточных, фасовочных и упаковочных машин, а также системы конвейеров, их соединяющих.

На рис. 3.5 показана машинно-аппаратурная схема линии производства карамели с жидкими начинками.

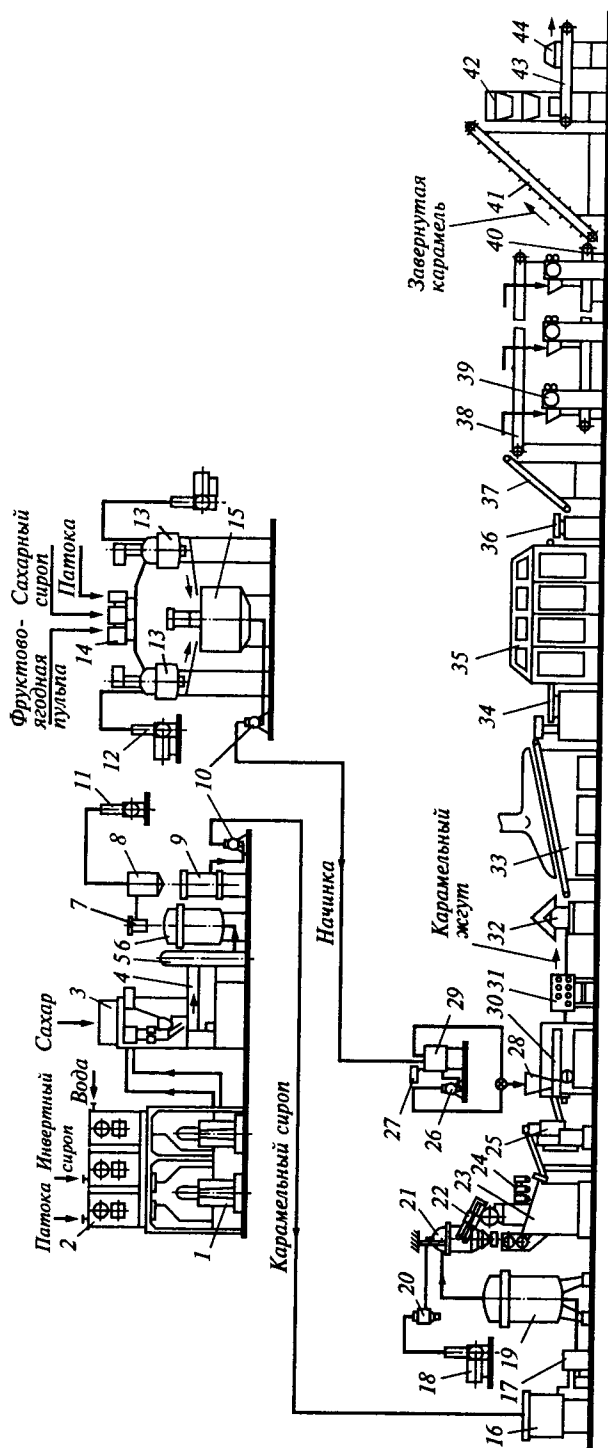


Рис. 3.5. Машинно-аппаратурная схема линии производства карамели

**Устройство и принцип действия линии.** В состав линии входит сироповарочная установка ШСА, предназначенная для получения карамельного сиропа. Она состоит из блока рецептурных сборников, двух сироповарочных агрегатов и щитов управления. Блок рецептурных сборников включает в себя сборники 2 для патоки, инвертного сиропа и воды, а также два плунжерных насоса 1.

В сироповарочный агрегат входит сборник 3 с дозатором сахара, смеситель 4, плунжерный насос 5, змеевиковая варочная колонка 6, снабженная расширителем 7, пароотделитель 8, вентилятор 11, сборник готового сиропа 9 с сетчатым фильтром и шестеренный насос 10.

Принцип действия сироповарочной установки ШСА основан на растворении сахара в патоке под давлением с добавлением воды, что обеспечивает наиболее короткий производственный цикл и сокращает продолжительность температурного воздействия на сахарозу. Это позволяет получить карамельный сироп более высокого качества и повысить стойкость карамели.

Установка ШСА работает следующим образом. Из рецептурных сборников 2 насосы-дозаторы 1 подают жидкие компоненты: патоку (или инвертный сироп) и воду в приемную воронку смесителя-растворителя 4. В эту же воронку дозатором из бункера 3 подается сахар-песок.

Температура патоки и воды, подаваемых в смеситель, 65...70 °С (температура инвертного сиропа не должна превышать 40...50 °С). В смесителе 4 рецептурная смесь обрабатывается в течение 3,0...3,5 мин и нагревается до 65...70 °С. Эта смесь имеет влажность 17...18 % и представляет собой кашичу с не полностью растворенными кристаллами сахара.

Плунжерным насосом 5 кашичеобразная смесь подается в змеевик варочной колонки 6. На выходе из колонки змеевик соединен с расширителем 7, внутри которого установлен диск с отверстием диаметром 10...15 мм. Диск оказывает сопротивление потоку движущейся рецептурной смеси, обеспечивая тем самым избыточное давление в змеевике 0,17...0,20 МПа. Благодаря этому давлению смесь нагревается до более высокой температуры, чем при атмосферном давлении без повышения концентрации раствора. При избыточном давлении греющего пара в варочной колонке в пределах 0,45...0,55 МПа температура сиропа на выходе из змеевика достигает 120...125 °С. В результате повышения температуры происходит более быстрое растворение кристаллов сахара в несколько меньшем количестве воды, чем принято обычно при других способах уваривания.

Образовавшийся в сиропе вторичный пар удаляется в пароотделителе 8 и вместе с воздухом вентилятором 11 выводится наружу.

Готовый сироп собирается в нижней конической части пароотделителя 8 и отводится в сборник сиропа 9. Сборник снабжен фильтром с ячейками диаметром 1 мм. По мере необходимости готовый карамельный сироп перекачивают к местам потребления шестеренным насосом 10.

В состав линии входит установка для приготовления жидких начинок. Она состоит из блока рецептурных сборников с дозирующими устройствами, двух начиночных вакуум-аппаратов, сборника начинки и щитов управления. Блок рецептурных сборников 14 включает в себя сборники для сахарного сиропа, патоки, фруктовой пульпы, молочных продуктов и др., а также дозирующие устройства для этих компонентов.

Начиночные вакуум-аппараты 13 имеют паровую рубашку, механическую мешалку и спускной штуцер с затвором. Рабочий объем аппарата через трубопровод на верхней крышке соединен с мокровоздушным вакуум-насосом 12, снабженным конденсатором смешения.



Приемный сборник начинки 15 имеет водяную рубашку, механическую мешалку и спусковой штуцер, соединенный через трубопровод с шестеренным насосом 10.

При работе установки исходные компоненты дозируют и загружают в начиночный вакуум-аппарат в соответствии с рецептурой. После герметизации варочного объема включают вакуум-насос и подают греющий пар. При уваривании начинки поддерживают избыточное давление греющего пара в пределах 0,4...0,6 МПа, а остаточное давление (разрежение) в варочном объеме 65...75 кПа. Рецептурная смесь уваривается в течение 30...45 мин до влажности 16...19 %.

Готовая начинка по направляющим желобам перетекает в приемный сборник 15, охлаждается до температуры 80...85 °С и насосом 10 перекачивается в темперирующую машину 29. Сюда же дозирующими устройствами 27 подаются кислота и ароматическая эссенция, которые перемешиваются с начинкой. Готовая начинка перекачивается насосом 26 в начинконаполнитель 28.

Наличие пары варочных аппаратов в установке позволяет организовать бесперебойное приготовление начинки: пока в одном аппарате уваривается начинка, в другом производят вспомогательные операции, и наоборот.

Уваривание карамельного сиропа для получения карамельной массы осуществляется в змеевиковом вакуум-аппарате непрерывного действия. Он состоит из греющей части — змеевиковой варочной колонки 19, выпарной части — вакуум-камеры 21 с разгрузочным механизмом 22 и сепаратора-ловушки 20, соединенного через конденсатор смешения с мокровоздушным насосом 18.

При работе вакуум-аппарата карамельный сироп из расходного сиропного бака 16 плунжерным насосом-дозатором 17 непрерывно нагнетается в змеевик колонки 19 под избыточным давлением 0,08...0,15 МПа. Одновременно в корпус колонки подается греющий пар под давлением 0,4...0,6 МПа. Проходя через змеевик, сироп нагревается, закипает и, смешиваясь с выделившимся из него паром, поступает в вакуум-камеру 21.

Остаточное давление (разрежение) в вакуум-камере поддерживается в пределах 85...95 кПа, поэтому в ней продолжается процесс уваривания массы благодаря интенсивному самоиспарению влаги в разреженном пространстве. Вторичный пар, выделяющийся из сиропа при его уваривании, и воздух проходят через сепаратор-ловушку 20, в которой задерживаются частицы карамельной массы. Далее вторичный пар охлаждается, конденсируется и вместе с воздухом удаляется вакуум-насосом 18. Уваренный карамельный сироп накапливается в вакуум-камере 21 и при помощи разгрузочного устройства 22 выгружается из нее порциями по 15...20 кг через 1,5...2,0 мин.

Процесс уваривания сиропа в змеевиковом вакуум-аппарате протекает в течение 1,5...2,0 мин. Готовая карамельная масса остаточной влажностью 2,0...3,5 % при температуре 110...130 °С поступает в приемную воронку охлаждающей машины 23.

Из приемной воронки карамельная масса выходит непрерывной лентой между двумя вращающимися полыми барабанами, которые охлаждаются изнутри водой. Передвигаясь по нижнему барабану, она попадает на наклонную плиту, охлаждаемую водой. Лента массы толщиной 3...6 мм и шириной 0,4...0,6 м быстро теряет тепло на охлаждаемых поверхностях, образуя твердую корочку, которая препятствует прилипанию карамельной массы к соприкасающимся поверхностям оборудования. Из-за плохой теплопроводности внутри ленты карамельной массы температура снижается медленно и сохраняется жидкое состояние продукта.

После предварительного охлаждения при продвижении массы по наклонной плите на поверхность ленты из дозаторов 24 подаются краситель, кислота и эссенция. В нижней части плиты карамельная лента проходит между подвертывателями, которые свертывают ленту в трубу таким образом, чтобы добавки попали внутрь. Далее лента прокатывается валками и превращается в многослойный пласт. На охлаждающей машине 23 карамельная масса в течение 20...25 с охлаждается до средней температуры 80...90 °С.

Затем лента карамельной массы загружается конвейером на рабочие органы тянульной машины 25, которые растягивают и складывают пряди карамельной массы. В результате такой обработки в течение 1,0...1,5 мин карамельная масса перемешивается с добавками, температура массы выравнивается по всему объему, а также масса насыщается пузырьками воздуха, теряет прозрачность и приобретает шелковистый блеск.

Карамельные изделия формуется комплексом оборудования, состоящим из трех машин, работающих синхронно: карамелеобкаточной 30 с начинконополнителем 28, жгутовывтягивающей 31 и карамелештампующей 32.

Внутри корпуса карамелеобкаточной машины 30 расположено шесть вращающихся рифленых веретен. Они образуют конусообразный желоб, на который конвейером загружают тянутую карамельную массу температурой 70...80 °С. Масса обертывается вокруг трубки начинконополнителя 28 и по мере накопления порции (батона) до 50 кг обкатывается веретенами и постепенно приобретает форму конуса. Он непрерывно вращается вокруг продольной оси, совпадающей с осью начинконополнительной трубки. На выходе из машины вершина карамельного батона обкатывается в виде бесконечного жгута. При нагнетании начинки в наполнительную трубку центральная полость жгута наполняется начинкой. Количество начинки дозируется в зависимости от вида карамели и составляет от 23 до 33 % от общей массы изделия.

Из обкаточной машины карамельный жгут непрерывно проходит в жгутовывтягивающую машину 31. Жгут последовательно проходит через три пары калибрующих роликов, при этом диаметр жгута уменьшается от 45...50 мм до 14...16 мм. Окончательный размер диаметра жгута зависит от вида вырабатываемой карамели.

Откалиброванный карамельный жгут непрерывно поступает в карамелештампующую машину 32, которая формует и разделяет его на отдельные изделия соответствующей длины и формы с рисунком на поверхности. Обычно вырабатывают карамель длиной 30 или 38 мм овальной или удлиненно-овальной формы.

Отформованная карамель температурой 60...70 °С непрерывной цепочкой с тонкими перемычками между изделиями поступает на узкий ленточный охлаждающий конвейер 33 и в течение 12...15 с обдувается воздухом, имеющим температуру 8...12 °С. За этот промежуток времени на поверхности изделий образуется твердая корочка охлажденной массы, что исключает деформацию карамели при более продолжительном окончательном охлаждении в охлаждающем агрегате.

Этот агрегат состоит из загрузочного 34 и отводящего 36 вибрлотков, а также охлаждающего шкафа 35. В последнем размещен сетчатый конвейер и автономная система охлаждения и циркуляции воздуха. Шкаф 35 выполнен в виде герметичной камеры, внутри которой поддерживают температуру охлаждающего воздуха 0...3 °С с относительной влажностью не выше 60%.

Карамельная цепочка, поступающая с конвейера 33, раскладывается вибролотком 34 в виде петель по ширине сетчатого конвейера, размещенного в шкафу 35. Карамель движется под распределительным воздухопроводом, через щели которого поступает охлаждающий воздух. В течение 1,5 мин температура карамели снижается до 35...40 °С, а перемычки между изделиями становятся твердыми и хрупкими. На выходе из шкафа 35 охлажденная карамель ссыпается на отводящий вибролоток 36, на котором перемычки между изделиями окончательно разрушаются, а карамельная крошка отделяется от изделий. Карамель с вибролотка 36 загружается промежуточным конвейером 37 на распределительный конвейер 38, обеспечивающий подачу изделий в питатели заверточных машин 39.

Карамель, поступающая на завертку, должна соответствовать заданным размерам и форме, не иметь деформации, открытых швов и налипших крошек. Поверхность карамели должна быть сухой, нелипкой. Карамель должна быть равномерно охлаждена и обладать прочностью, исключающей ее разрушение при завертке. На машинах 39 карамель завертывается поштучно в этикетку с подверткой. Наиболее производительные заверточные машины заворачивают карамель вперекрутку с использованием рулонных этикеток и подвертки.

Завернутая карамель поступает на сборный конвейер 40 и промежуточным конвейером 41 загружается в дозирующее устройство 42 для упаковки в торговую тару — картонные короба. Далее короба передаются конвейером 43 на обандероливающую машину 44 и отгружаются в экспедицию.

### 3.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОМАДНЫХ КОНФЕТ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Помадные конфеты — сахарные кондитерские изделия, которые состоят из мелких (10...20 мкм) кристаллов сахарозы, распределенных в насыщенном водном растворе различных сахаров: сахарозы, глюкозы, мальтозы и декстринов. Такую структуру изделий получают из помадной массы — полуфабриката, образованного в результате определенной технологической обработки сахара, при которой сахар из крупнокристаллического состояния переходит в мелкокристаллическое, отчего помадная масса легко растворяется и «тает». В отличие от сахара в помадной массе содержится от 9 до 12 % воды. Кроме того, в ней находятся мельчайшие пузырьки воздуха, придающие ей некоторую пышность и белую окраску.

Существует два основных вида помадных масс: сахарная и молочная, приготовленная из сахара и молока. В помадные массы добавляют различные вкусовые и ароматизирующие вещества. Добавки влияют на вкусовые качества помадных конфет, а в некоторых случаях на их структуру. Чтобы предотвратить высыхание отформованных конфет и сохранить двухфазное состояние их структуры, корпуса помадных конфет обычно покрывают шоколадной или жировой глазурью.

Помадные конфеты выпускают завернутыми или открытыми. При завертке конфеты поштучно заворачивают во влагонепроницаемую этикетку. Открытые помадные конфеты укладывают в картонные коробки или короба.

Основным сырьем для производства помадных конфет является сахарный песок. В качестве антикристаллизатора применяется крахмальная патока. При изготовлении помадных конфет к сахарной помадной массе добавляются фруктово-ягодные припасы, подварки, обжаренные тертые орехи или какао-порошок, а также пищевые кислоты, вина, ароматизирующие эссенции и пищевые красители. К молочной по-

мадной массе добавляются сливочное масло, тертые орехи, какао-порошок, вина и эссенции. Такое многообразие применяемого сырья позволяет выпускать разнообразные виды помадных конфет, составляющих значительную долю в общем объеме производства конфет.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время самым распространенным способом формования помадных конфет является отливка жидкой конфетной массы в ячейки форм с последующим образованием твердообразной структуры при выстойке отлитых корпусов конфет в этих же формах. Отливкой массы можно получить изделия с наименьшими затратами энергии, так как при отливке конфетная масса под действием силы тяжести приобретает конфигурацию той ячейки, в которой она находится. Внешнее напряжение для получения формы изделия прикладывать не требуется.

Вследствие значительной адгезии помадной массы со многими конструкционными материалами и отсутствия усадки при затвердевании массы формы для помадных конфет изготавливают в виде ячеек (углублений), отштампованных в слое порошкообразного формовочного материала, предварительно насыпанного в лотки.

Особенности загрузки лотков формовочным материалом и межоперационных перемещений лотков при формовании и выстойке корпусов конфет в значительной мере определяют качество изделий, производительность и уровень механизации производства помадных конфет.

На крупных и средних предприятиях кондитерской промышленности применяются линии, обеспечивающие комплексную механизацию основных и вспомогательных операций технологического процесса:

— линии с ускоренной выстойкой корпусов конфет непрерывного действия;

— линии со штабелером и дештабелером для механизированной укладки лотков с формовочным материалом и заготовками изделий на стеллажные тележки и их выстойки в помещении цеха.

На малых предприятиях применяют универсальные полумеханизированные линии производства отливных конфет с ручной загрузкой и разгрузкой стеллажных тележек для лотков.

Особенностью хранения и потребления помадных конфет является потеря влаги, что приводит к увеличению твердой фазы, укреплению и цементированию кристаллов сахарозы. В результате изделия этой массы становятся жесткими и неприятными на вкус. Это явление называется черствением помадных конфет. Первым признаком начавшегося заметного черствения изделия служит появление на поверхности, а затем и внутри изделия белых пятен, представляющих собой друзы крупных кристаллов сахарозы.

Применяют различные способы снижения скорости черствения помадных конфет. Например, изделия заворачивают или укладывают во влагонепроницаемые упаковочные материалы. Конфеты целиком или частично покрывают шоколадной или жировой глазурью. В состав рецептурной смеси включают вещества, которые замедляют процесс кристаллизации сахарозы либо вызывают инверсию сахарозы с образованием фруктозы. К таким веществам относятся этиловый спирт, яичный белок, инвертаза и др.

Упакованные помадные конфеты необходимо хранить в сухих хорошо проветриваемых помещениях при температуре не выше 18 °С и относительной влажности воздуха не выше 75 %. Необходимо избегать даже кратковременных резких колебаний температуры.

**Стадии технологического процесса.** Производство помадных конфет можно разделить на следующие основные стадии и операции:

— подготовка сырья к производству: хранение сахара, патоки, молока и заготовок; просеивание сыпучих продуктов и фильтрование жидких компонентов, подготовка питьевой воды;

— приготовление сахарного сиропа: дозирование сахара-песка и воды, растворение сахара, уваривание рецептурной смеси;

— приготовление помадного сиропа: дозирование сахарного сиропа, патоки, молока и других компонентов, смешивание и уваривание рецептурной смеси;

— сбивание помадной массы;

— приготовление конфетной массы: дозирование помадной массы и рецептурных добавлений, смешивание конфетной массы;

— формование корпусов конфет: подготовка и загрузка крахмала в лотки, штампование ячеек в слое крахмала, дозирование и отливка порций конфетной массы в формы, выстойка отливок, разгрузка лотков после выстойки, разделение корпусов конфет и крахмала;

— глазирование корпусов конфет: подготовка, темперирование и подача глазури, нанесение глазури на корпуса конфет, охлаждение глазированных корпусов;

— завертка и упаковка конфет: ориентирование конфет в продольные ряды, завертка конфет и упаковка в торговую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства помадных конфет выполняются при помощи комплексов оборудования для приготовления сахарного и помадного сиропов. В состав этих комплексов входят емкости для хранения и устройства для дозирования рецептурных компонентов, смесители и варочные аппараты. Помадную массу получают в помадосбивальной машине.

Ведущий комплекс оборудования линии включает конфетоотливочный агрегат, сопряженный с агрегатом ускоренной выстойки корпусов конфет. Комплекс оборудования для глазирования корпусов конфет содержит оборудование для хранения, подготовки и темперирования шоколадной глазури, глазирочную машину и агрегат охлаждающий.

Завершающие операции производства помадных конфет выполняются комплексом оборудования, включающим питатели конфет, заверточные машины, а также весовые устройства и оборудование для упаковки завернутых или открытых конфет в торговую тару.

На рис. 3.6 показана машинно-аппаратурная схема линии производства глазированных помадных конфет.

**Устройство и принцип действия линии.** При получении сахарного сиропа воду для растворения сахара дозируют объемным дозатором 4 в варочный аппарат с мешалкой 5. Количество воды составляет 20...25 % к массе сахара. Просеянный сахар-песок из расходного бункера 1 подают ленточным конвейером 2 в весовой дозатор 3, из которого сахар поступает в аппарат 5. При нагревании и перемешивании смеси сахар растворяется, а влага постепенно выпаривается. Когда содержание сухих веществ в увариваемом сахарном сиропе достигает  $80 \pm 2\%$ , его сливают в сборник-фильтр 6, откуда шестеренным насосом 7 перекачивают в сборник сахарного сиропа. Если линия производства помадных конфет имеет высокую производительность, то для приготовления сахарного сиропа применяют сироповарочную установку ШСА, описанную в линии производства карамели.

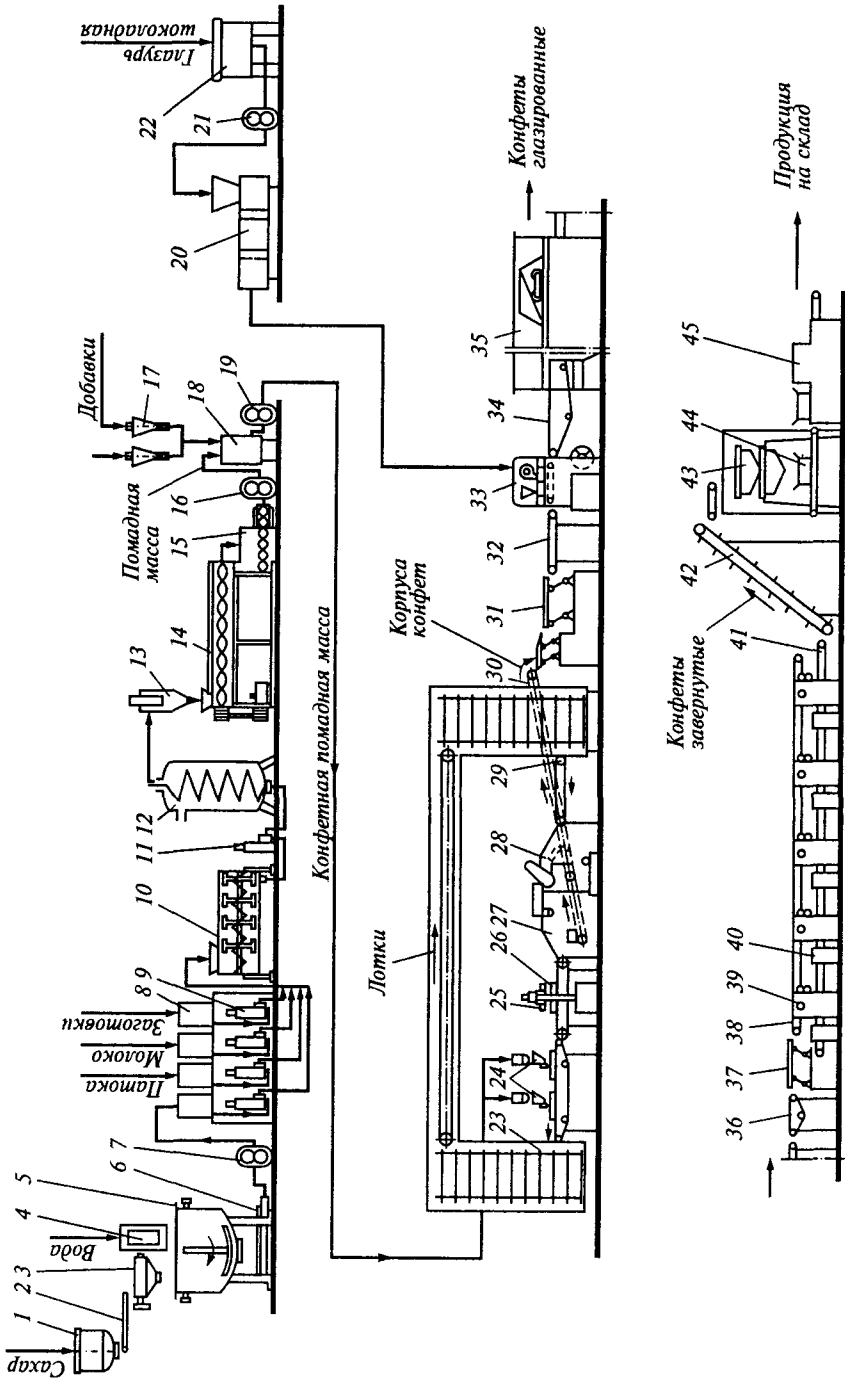


Рис. 3.6. Машинно-аппаратурная схема линии производства помидных конфет

Компоненты, необходимые для приготовления масс с различными рецептурами, после предварительной подготовки подают по трубопроводам в расходные емкости 8 для сахарного сиропа, патоки, молока, фруктово-ягодных заготовок и др. Из этих емкостей насосами-дозаторами 9 компоненты в соответствии с рецептурой дозируют в смеситель непрерывного действия 10. Из последнего однородная смесь дозируется насосом-дозатором 11 в змеевиковый варочный аппарат непрерывного действия 12.

Уваривание помадного сиропа ведут при давлении греющего пара 0,3...0,5 МПа до массовой доли сухих веществ 87...90%. Уваренный сироп температурой 115...117 °С попадает в пароотделитель 13 с вентилятором, где температура его снижается на 8...10 °С. Таким образом, на выходе из пароотделителя 13 образуется концентрированный, но ненасыщенный раствор сахара, поступающий в загрузочную воронку помадосбивательной машины 14.

В рабочих секциях машины 14 помадный сироп перемещается в зазоре между коаксиальными цилиндрическими поверхностями неподвижного корпуса и быстровращающегося шнека. Эти поверхности выполнены из металла и снабжены охлаждающими водяными рубашками. Помадный сироп, соприкасаясь с холодными поверхностями, интенсивно охлаждается и превращается в пересыщенный сахарный раствор, в результате этого происходит процесс кристаллизации сахарозы. Чтобы обеспечить мелкокристаллическую структуру помадной массы, одновременно с охлаждением продукт подвергается интенсивному перемешиванию. Из машины 14 готовая помадная масса стекает в промежуточную емкость 15. В зависимости от рецептуры температура помадной массы составляет 65...85 °С.

Для приготовления конфетной массы из емкости 15 насосом 16 перекачивают в temperирующую машину 18 определенную порцию помадной массы. При ее непрерывном перемешивании при помощи дозаторов 17 дозируют рецептурные добавки. Вначале замеса добавляют припасы и красители, а в конце вымешивания — кислоту, вино, спирт, ароматические эссенции. Конфетную массу вымешивают до равномерного распределения всех компонентов и доводят до жидкой текучей консистенции, после чего направляют на формование.

Готовую конфетную массу перекачивают в приемную воронку отливочной машины 24, где ее фильтруют через сито с диаметром отверстий 2,5...3,0 мм. Воронка отливочной машины подогревается водой температурой до 85 °С.

Формование помадных корпусов конфет производится на конфетоотливочном агрегате, который состоит из следующих составных частей: конвейера для подачи лотков 29, поворотного механизма 28, устройства для заполнения лотков крахмалом 27, штампуемого механизма 25, двухголовочной отливочной машины 24 и конвейера для транспортирования корпусов конфет 30.

Процесс формования начинается с заполнения пустых лотков в устройстве 27 сыпучим порошкообразным формовочным материалом — крахмалом. Затем лоток с крахмалом 26 останавливается под штампуемым механизмом 25. При опускании штампа в крахмале отштамповываются ячейки по форме корпусов конфет.

После штампования ячеек лоток подается в двухголовочную отливочную машину 24. В каждую из ее дозировочных головок загружают конфетные массы с разными рецептурами или цветом. При этом масса порции, дозируемой каждой из головок, равна половине массы формируемого корпуса конфет. Поэтому при последовательном дозировании в ячейки порций из обоих дозировочных головок получаются двухслойные корпуса конфет.

Качество отформованных изделий зависит от свойств конфетной массы и формовочного материала. При отливке первостепенное значение имеет вязкость конфетной массы, которая зависит от ее температуры, влажности и доли твердой фазы. При оптимальной температуре отливки обеспечивается жидкое структурно-вязкое строение массы. Если температура снижена, то в результате кристаллизации сахарозы увеличивается доля твердой фазы, масса приобретает пластичные свойства и плохо заполняет объем формы. Повышение температуры массы при отливке приведет сначала к уменьшению доли твердой фазы (из-за растворения кристаллов сахарозы), затем при затвердевании корпусов конфет произойдет увеличение размеров кристаллов, оставшихся в твердой фазе при перегреве массы. В результате конфеты будут грубыми и твердыми, а на их поверхности произойдет образование белых пятен.

С другой стороны, повышение температуры конфетной массы увеличивает давление пара над поверхностью продукта под поршнем дозирующего насоса, в результате чего уменьшается перепад давления, а следовательно, уменьшается и скорость наполнения мерных цилиндров. Это снижает производительность отливочной машины и линии в целом.

Практикой установлено, что при отливке сахарных и молочных помадных масс, содержащих 88...90 % сухих веществ, оптимальные значения температуры находятся в пределах 70...75 °С.

Состояние ячеек, в которые отливаются конфетные корпуса, также существенно влияет на качество изделий. Отштампованные ячейки должны иметь ровную, гладкую поверхность и не осыпаться. Это можно обеспечить, если формовочный материал состоит из мелких частиц, не прилипает к поверхности штампов, легко удаляется с поверхности отформованных изделий, а также не изменяет своих свойств под действием высокой температуры. Для хорошего заполнения формы материал должен обладать достаточной газопроницаемостью. Вышеперечисленным требованиям отвечает зерновой крахмал, в частности кукурузный.

Отличительной особенностью крахмальных форм является то, что благодаря гигроскопичности крахмала происходит поглощение влаги с поверхности отливок. В результате пересыщения помадной массы на поверхности отливок происходит кристаллизация сахарозы и образование твердой корочки.

Оптимальные формовочные свойства обеспечиваются при влажности крахмала в пределах 5...9 %. Понижение влажности крахмала (ниже 4,5 %) приводит к осыпанию форм и увеличению количества возвратных отходов полуфабриката. Осыпание наблюдается, как правило, у форм из свежего крахмала. Для повышения связи между отдельными частицами и снижения гигроскопичности в крахмал вводят 0,25 % рафинированного растительного масла.

При многократном использовании крахмал увлажняется, увеличивается его комковатость и уменьшается гигроскопичность, а также увеличивается прилипание к конфетам. Для устранения этих недостатков необходимо подсушивать крахмал до равновесной влажности 5 % так, чтобы его температура при сушке была не выше 50 °С. Предельно допустимая влажность крахмала 7 %.

Многократно используемый крахмал засоряется крошками конфет, его очищают просеиванием через сито с отверстиями 2,5 мм.

Лотки с отлитыми корпусами конфет направляются в охлаждающую камеру агрегата ускоренной выстойки 23. Выстойка конфетных корпусов необходима для образования твердообразной структуры с достаточной механической прочностью,



позволяющей в дальнейшем направлять корпуса на глазирование и завертку. Твердая структура образуется в результате кристаллизации сахарозы при охлаждении отливки во время выстойки.

В агрегате 23 лотки загружаются на подъемник вертикальной шахты по 5 штук. На подъемнике они постепенно перемещаются на верхний ярус, с которого горизонтальным конвейером передаются на верхний ярус второй (разгрузочный) вертикальной шахты. В последней лотки постепенно опускаются на нижний ярус. Вертикальные шахты выполнены в виде охлаждающих камер, внутри которых лотки с отлитыми корпусами обдуваются воздухом температурой 6...8 °С в течение 40...50 мин.

На выходе из агрегата 23 лотки с затвердевшими корпусами конфет поступают на конвейер 29, который подает их в поворотный механизм 28. При помощи последнего лотки поворачиваются на 360°. Во время поворота содержимое лотка (крахмал и корпуса конфет) высыпается на поверхность сита.

Освободившийся лоток подается в устройство для заполнения лотков крахмалом 27, сюда же при помощи элеватора загружается просеянный крахмал и начинается повторный цикл формования корпусов конфет.

Затвердевшие корпуса конфет очищают от крахмала путем обдува воздухом и очистки щетками, а затем при помощи конвейера 30 подают на раскладочное устройство 31. В этом устройстве под действием вибрации производится ориентирование корпусов конфет в продольные ряды и по ходу движения в направлении наибольшей оси. Далее ориентированные корпуса конфет передаются приемным конвейером 32 на сетчатый конвейер глазировочной машины 33. В эту же машину также загружают из темперирующей машины 20 шоколадную глазурь, которую предварительно перекачали насосом 21 из сборника 22.

Корпуса конфет покрываются в машине 33 шоколадной глазурью температурой 29...32 °С и передаются конвейером 34 в охлаждающую камеру 35. В течение 7...10 мин при температуре 8...10 °С в этой камере происходит структурирование шоколадной глазури, которая приобретает твердую структуру в результате кристаллизации какао-масла.

На завершающем этапе технологического процесса глазированные конфеты из камеры 35 передаются конвейером 36 на виброраспределитель 37, с которого конфеты поступают на конвейерные питатели 38. Последние направляют глазированные конфеты к заверточным машинам 39.

Завернутые конфеты отводятся от заверточных машин поперечными конвейерами 40 на горизонтальный конвейер 41. Далее скребковым конвейером 42 завернутые конфеты загружаются в автоматические весы 43, из которых порция конфет высыпается в гофрированный короб 44. Закрытие клапанов короба и оклеивание их липкой лентой производится оклеочной машиной 45, установленной в конце линии. Упакованная продукция направляется на склад.

### 3.7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕНО-СУШЕНЫХ КРУП

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** В зависимости от характера и интенсивности технологической обработки различают три вида варено-сушеных круп:

— обычные (гречневая, перловая, пшеничная, кукурузная, пшенная, рисовая и ячневая), получаемые варкой и сушкой предварительно очищенного и вымытого сырья;

— быстроразваривающиеся (гречневая и пшеничная), получаемые методом гидратации (двойной обработкой водой в процессе варки) или способом механической обработки круп (плющением) в процессе сушки (пшеничная, овсяная, перловая, кукурузная);

— не требующие варки, получаемые путем глубокой гидротермической и механической обработки (плющением) в процессе сушки (перловая, пшеничная, гречневая и рисовая).

Варено-сушеные горох и фасоль получают только быстроразваривающимся способом механической обработки.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В настоящее время в пищевом концентратном производстве применяют два вида поточных линий, отличающихся по степени механизации. Выработка варено-сушеных круп и зернобобовых осуществляется на механизированных линиях, позволяющих переходить с производства одного вида крупы на другой.

Основными процессами этого производства являются очистка, мойка, тепловая обработка (варка, сушка) и рецептура пищевых концентратной смеси. При очистке и мойке происходят отделение примесей и удаление различных загрязнений. При варке происходят гидролитическое воздействие влаги на сухие компоненты смеси и необратимые изменения белково-углеводного комплекса. При варке в крупах протекают микробиологические и ферментативные процессы, изменяющие их физические свойства. Образуется капиллярно-пористая структура, удерживаемая эластично-пластичным скелетом.

При сушке происходит удаление влаги и формирование таких изменений в составе и структуре крупы, которые определяют вкусовые и потребительские свойства готового продукта.

Крупяные концентраты выпускаются в законченном товарном и потребительском виде. Срок их хранения в специальной упаковке составляет около 1 года, поэтому их производство организуют в местах непосредственного выращивания крупяных культур и зернобобовых. Для транспортирования их укладывают в картонные короба, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство варено-сушеных круп и зернобобовых включает в себя следующие стадии:

- подготовка сырья к производству: хранение, очистка от примесей, мойка;
- подготовка и дозирование рецептурных компонентов;
- тепловая обработка (варка) крупы;
- предварительная сушка вареных круп;
- плющение — механическая обработка крупы с целью придания им лепестковой формы;
- окончательная сушка плющенной крупы;
- дозирование и приготовление концентратной смеси (смешивание);
- фасование в пакеты, упаковывание в транспортную тару, складирование и хранение готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства варено-сушеных круп выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству крупы, воды, соли, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют металлические и железобетонные емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование крупы погрузчиками, нориями, цепными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта крупы. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных улавливателей, фильтров и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из варочных аппаратов, сушилок. В состав этого комплекса входят дозаторы крупы, воды и жидких полуфабрикатов, смесильные установки, варочные и сушильные агрегаты.

Следующий комплекс линии включает оборудование для темперирования, дозирования и смешивания рецептурных компонентов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Машинно-аппаратурная схема линии производства круп, не требующих варки, приведена на рис. 3.7.

**Устройство и принцип действия линии.** Крупу очищают от посторонних примесей на зерновом сепараторе 1 и от легковесных примесей на дуаспираторе 2, затем пропускают через магнитную колонку 3 для освобождения от металлических примесей с подъемной силой магнитных скоб не менее 117,6 Н.

На сепараторе в зависимости от вида перерабатываемой крупы устанавливают штампованные сита с круглыми или продолговатыми отверстиями (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Характеристики сит зерновых сепараторов для очистки круп

Крупа и зернобобовые	Размер отверстия сит, мм		
	приемного	сортировочного	сходового
Перловая	6,0	4,0	1,0
Пшеничная	6,0	4,0	1,0
Кукурузная	6,0	4,0	1,0
Гречневая	6,0	4,0	1,0
Рисовая	10,0	2,5x20	1,0
Ячневая	6,0	3,0...4,0	1,0
Овсяная	10,0	3,0x20	1,0
Пшено	4,5...5,0	2,5	1,0
Горох	10,0	6,0...7,0	1,0

На приемном сите отделяются крупные грубые примеси (солома, камни, щепы и т.п.), на сортировочном — зерновые и другие примеси крупнее зерна. Проходом через сходовое сито отделяются примеси мельче зерна.

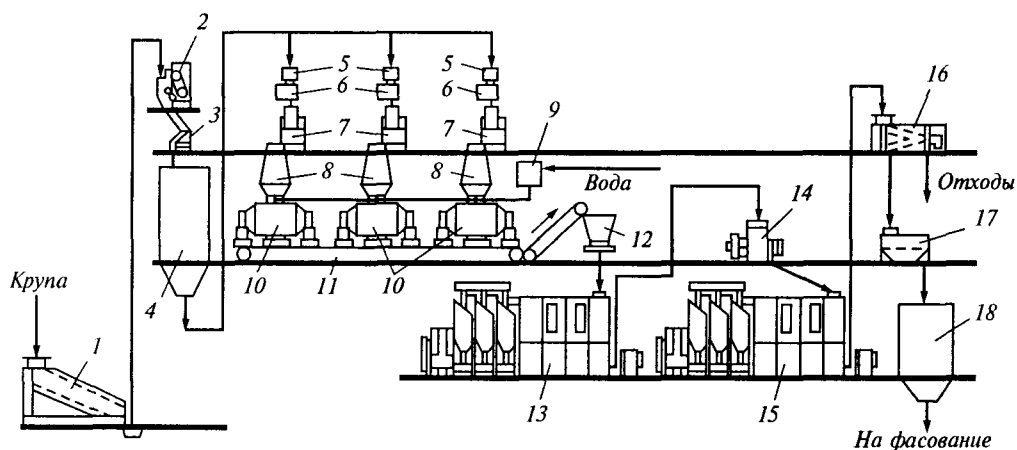


Рис. 3.7. Машинно-аппаратурная схема линии производства круп, не требующих варки

Очищенная крупа поступает в бункер 4. По мере необходимости ее направляют из бункера через автоматические весы 5 в подвесной бункер 6 над моечной машиной 7. Автоматические весы заблокированы со счетным механизмом, и после отсчета заданного количества отвесов прекращается подача крупы в подвесной бункер. Для окончательной очистки от загрязнений крупу и зернобобовые моют на зерномоечной машине, где удаляют с их поверхности грязь, мучель, пыль, отделяют семена дикорастущих растений, лузгу, органический сор, необрушенные зерна. Для мойки круп используют обычную питьевую (водопроводную) воду. Пшено моют водой, нагретой до  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , рис при приготовлении крупы, не требующей варки, — до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Влажность вымытых круп составляет, %: пшено — 25, рисовая крупа — 27, остальные крупы и лущеный горох — 20. Вода, смачивая крупу, способствует также ее равномерному увлажнению, что очень важно для гидротермической обработки. Скорость увлажнения крупы при мойке зависит от ряда факторов: вида крупы, температуры моющей воды, продолжительности процесса и т. п.

После мойки в непрерывно работающей моечной машине 7 крупу собирают в резервном бункере 8. Варка крупы осуществляется в варочном аппарате 10, куда добавляют через мерник-дозатор 9 необходимое количество воды. Крупы и зернобобовые варят паром под давлением  $0,15 \dots 0,20\text{ МПа}$  в присутствии воды в течение  $30 \dots 45\text{ мин}$ . Количество подаваемой воды обуславливает степень гидратации крупы. При варке наблюдается слипаемость круп, что затрудняет их дальнейшую технологическую обработку. Поэтому при гидротермической обработке круп рекомендуется применение растительных фосфатидов, которые препятствуют слипанию и комкообразованию, что позволяет вести гидротермическую обработку крупы до полной клейстеризации крахмала. Фосфатиды закладывают в варочный аппарат предварительно растворенными в гидрожире, нагретом до  $40 \dots 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При загрузке  $800\text{ кг}$  крупы в варочный аппарат добавляют  $1,6\text{ кг}$  фосфатидов и  $4,8\text{ кг}$  жира. Во избежание чрезмерной пептизации крахмала при гидротермической обработке в варочный аппарат перед началом варки вводят стабилизатор, предотвращающий чрезмерное на-

бухание и стабилизирующий стенки крахмальных зерен крупы. В качестве стабилизатора рекомендуется применять раствор поваренной соли (19,5...20 % к массе крупы).

Сваренную до готовности крупу передают на сборный транспортер 11, которым она направляется в бункер-рыхлитель 12 и оттуда для подсушки до влажности 25...27 % — в сушилку 13. Подсушенную крупу плющат на вальцовом (плющильном) станке 14 с рифлеными валками.

Влажность гречневой крупы перед плющением должна быть 23 %, перловой и пшеничной — 18...22 %. Степень плющения крупы после предварительной подсушки влияет на длительность восстанавливаемости готового продукта при его оводнении. Чтобы повысить степень деформации крупинки во время плющения, следует применять рифленые валки. Зазор между валками с одинаковой частотой вращения для гречневой крупы устанавливают равным 0,4...0,5 мм, для перловой и пшеничной — 0,3...0,4 мм.

Крупу досушивают в сушилке 15 при температуре сушильного агента 120 °С до влажности 9,0...9,5 %. Для подсушки крупы до плющения и ее досушки после плющения применяются ленточные конвейерные сушилки.

В настоящее время разработаны технологические режимы производства трех видов круп, не требующих варки, — перловой, гречневой и пшеничной. Гидротермическая обработка этих круп производится по режимам, указанным в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Режимы гидротермической обработки круп, не требующих варки

Крупа	Давление пара в аппарате, МПа	Продолжительность варки, мин	Влажность сваренной крупы, %
Гречневая	0,18...0,20	30	32...38
Перловая	0,18...0,20	40	35...38
Пшеничная	0,18...0,20	50	35...38

Высушенную крупу освобождают от комочков и случайных примесей на крупосортировке 16, очищают от металлических примесей на магнитном сепараторе 17 и резервируют в бункерах 18. Затем крупу направляют на следующий процесс или, если крупа предназначена для другого предприятия, упаковывают в пакеты из крафт-бумаги.

### 3.8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ВТОРИЧНОГО ВИНОДЕЛИЯ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Виноградное вино является алкогольным напитком, имеющим сложный химический состав. Кроме воды и этилового спирта оно содержит: органические кислоты — в основном винную и яблочную, в меньшем количестве лимонную, уксусную, сахара (глюкоза и фруктоза), дубильные, красящие, экстрактивные, минеральные вещества, ферменты, витамины и др. На состав и свойства вина оказывают влияние природа исходного винограда и технология производства.

Виноградные вина делят на сортовые, выработанные из одного сорта винограда, и купажные — из смеси винограда различных сортов или смеси различных вин. Различают также вина тихие, не содержащие углекислого газа, и игристые, содержащие

углекислый газ. Принято деление тихих вин на следующие категории: столовые (сухие и полусладкие), крепленые (крепкие, десертные), ароматизированные (крепкие, десертные). По окраске различают вина белые, розовые, красные.

Особым видом напитка является коньяк. Он готовится из коньячного спирта, получаемого путем дистилляции виноградных вин.

Вино может быть приготовлено и из плодово-ягодного сырья.

В общем случае готовое вино получают из виноматериала — продукта брожения суслу (при производстве сухих вин) или спиртования бродящего суслу (при производстве крепленых вин).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Предприятия вторичного виноделия могут размещаться совместно с предприятиями переработки винограда либо находиться вблизи мест потребления готовой продукции. Возможен вариант размещения в местах потребления продукции только комплексов оборудования для фасования готового вина, поставляемого в крупногабаритной таре: цистернах и бочках.

Обработку виноматериалов при производстве вина выполняют с целью достижения нормативных показателей качества продукции. К таким показателям относятся органолептические показатели (вкус, аромат, цвет, прозрачность и др.) и содержание полезных и посторонних веществ в химическом составе вина (спирта, сахара, кислот, минеральных веществ и др.). Основными операциями обработки виноматериалов являются купажирование, очистка и температурное воздействие.

Купажирование заключается в смешивании различных партий виноматериалов, полученных в результате переработки одного или разных сортов винограда, в определенном соотношении. Дегустационная комиссия предприятия выбирает лучший вариант из нескольких пробных купажей. Этот вариант должен соответствовать таким нормативным требованиям по органолептическим и химическим показателям, которые характеризуют наименование вырабатываемого вина.

Очистка виноматериалов предназначена для предотвращения белковых помутнений вина, удаления тяжелых металлов и избытка железа.

Эти примеси находятся в виноматериале в растворенном состоянии или имеют очень мелкие размеры (муť), что исключает или затрудняет возможность их удаления механическими способами. Поэтому виноматериалы обрабатывают реактивами (сернистый ангидрит, танин, желтая кровяная соль), чтобы растворимые примеси (соли тяжелых металлов, белки, алкалоиды и др.) преобразовать в нерастворимые частицы. Затем виноматериал смешивают с липкими веществами (рыбий клей) и адсорбирующими средствами (отбеливающая глина — бентонит). В результате такой обработки (оклейки) происходит коагуляция примесей и образование осадка в виде хлопьев. Далее виноматериал очищают (осветляют) от этих хлопьев методами осаждения или фильтрования.

Термическая обработка виноматериалов и вин необходима при проведении многих технологических процессов. Технологии производства кагора, портвейна, мадеры и других вин основаны на термической обработке мезги, суслу и виноматериалов. Жестко регламентированы температурные режимы брожения виноматериалов. Благодаря нагреванию обеспечивается пастеризация виноматериалов и вин. Охлаждение виноматериалов применяют для удаления избыточного содержания винно-кислых соединений, чтобы предупредить выпадение их в осадок в готовой продукции.

Ассортимент выпускаемой продукции зависит от вида, качества и способа обработки виноматериалов. Столовые вина получают без добавления спирта, они — про-

дукт полного сбраживания натурального виноградного сока. Столовые сухие вина содержат от 9 до 14 % (по объему) спирта естественного брожения и не более 0,3 % сахара, столовые полусладкие — соответственно 9...12 % и 3...8 % несброженного сахара.

При производстве крепленых виноградных вин допускается добавление спирта-ректификата. Крепкие виноградные вина содержат от 17 до 20 % спирта и от 1 до 14 % сахара. Десертные вина содержат 12...17 % спирта; по содержанию сахара эти вина подразделяются на полусладкие (5...12 % сахара при 14...16 % спирта), сладкие (14...20 % сахара и 12...17 % спирта) и ликерные (21...35 % и 12...17 % спирта).

Ароматизированные вина приготавливаются с добавлением спирта-ректификата, сахарозы, а также настоев различных растений. Содержание спирта в них 16...18 %, сахара 6...16 %.

Вина, содержащие углекислый газ, делятся на насыщенные естественным путем — вторичным брожением (шампанское, полусладкое игристое) и шипучие, или газированные, искусственно насыщенные углекислым газом путем сатурации.

Продолжительность выдержки существенно влияет на качество вина, которое бывает ординарным, марочным или коллекционным. Ординарными называют вина, выпускаемые без выдержки — на первом году жизни; марочными — выдержанные высококачественные вина, вырабатываемые по специальной технологии с выдержкой не менее 1,5 лет (в зависимости от категории). Коллекционные вина — марочные вина особо высокого качества, которые после окончания срока выдержки в емкостях выдерживаются не менее двух лет в бутылках.

Готовым называется вино, прошедшее полный цикл обработки и выдержки, розливозрелости и являющееся стабильным ко всем видам помутнений. Такое вино фасуют в потребительскую тару — стеклянные бутылки, которые в свою очередь упаковывают в транспортную тару: полимерные, картонные или дощатые ящики.

**Стадии технологического процесса.** Вторичное виноделие имеет следующие стадии:

- приемка, контроль качества, хранение и транспортирование виноматериалов;
- смешивание (купажирование) и обработка виноматериалов разного качества в зависимости от способа приготовления вина: очистка от посторонних примесей, осветление, нагревание, охлаждение и др.;
- отдых и выдержка виноматериалов и вина в емкостях при заданной температуре;
- транспортирование и подготовка стеклотары;
- фасование и укупоривание вина в бутылки;
- пастеризация и выдержка вина в бутылках;
- товарное оформление бутылок с вином и упаковывание бутылок в торговую тару.

**Характеристики комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для купажирования и оклейки виноматериалов, в состав которого входят насосы-дозаторы виноматериалов и реагентов (бентонита, рыбьего клея и др.), емкости для отдыха, купажа и оклейки виноматериалов, а также система трубопроводов.

Другой подготовительный комплекс оборудования линии содержит бутылкомочную машину и устройства для дозирования бутылок, воды и моющих средств.

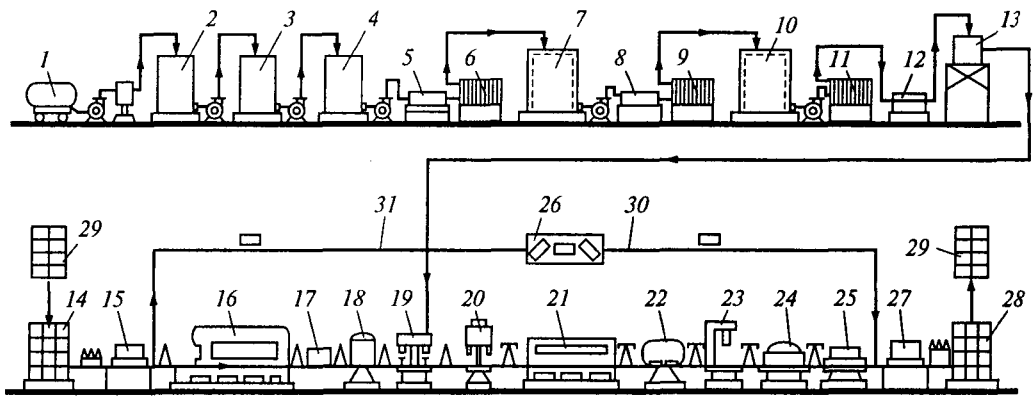


Рис. 3.8. Машинно-аппаратурная схема линии производства вин

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для обработки оклеенного виноматериала и получения вина, готового к фасованию. В его составе имеются фильтры, теплообменные аппараты, термические цистерны, а также напорный резервуар и система трубопроводов с насосами для транспортирования виноматериалов и подачи готового вина на фасование.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из фасовочных, укупорочных, этикетировочных, укладочных и других машин для упаковывания вина и бутылок, а также системы конвейеров для межоперационных перемещений порожней и заполненной продуктом тары.

На рис. 3.8 показана машинно-аппаратурная схема линии производства вин.

**Устройство и принцип действия линии.** Виноматериал доставляется специальным транспортом 1 и направляется в емкости 2, 3 и 4 для отдыха, купажа и оклейки. Затем виноматериал проходит фильтры 5, 8 и 12, термически обрабатывается в пластинчатых теплообменниках 6, 9 и 11, выдерживается в термоцистернах 7 и 10. Из напорного резервуара 13 виноматериал подается на упаковку (розлив).

Подготовка бутылок, фасование в них вин и укупоривание, инспекция, пастеризация вин в бутылках, товарное оформление бутылок осуществляется на типовых поточных линиях упаковывания вин.

В состав такой линии входят устройство 29 для межэтажного транспортирования пакетов из ящиков, машина 14 для расформирования пакетов из ящиков, машина 15 для выемки бутылок из ящиков, бутылкомоечная машина 16, устройство 17 для инспекции пустых бутылок, аппарат 18 для стерилизации бутылок; машины: фасовочная 19 и укупорочная 20, аппарат 21 для пастеризации бутылок; машины: инспекционная 22, для отделки горлышек бутылок 23, этикетировочная 24; устройства: для заправки бутылок в бумагу 25, укладки бутылок в ящики 27, формирования пакетов из ящиков 28. Имеются также устройство 26 для санитарной обработки ящиков и конвейеры 30 и 31 для ящиков.



### 3.9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Пиво — слабоалкогольный игристый напиток с характерным хмелевым ароматом и приятным горьковатым вкусом. В пиве кроме воды, этилового спирта (2,8...6,0 масс.%) и диоксида углерода (0,3...0,35 масс.%) содержится значительное количество питательных и биологически активных веществ: белков, углеводов, микроэлементов и витаминов.

По цвету пиво делится на светлое и темное, а в зависимости от вида применяемых дрожжей — на пиво низового и верхового брожения. Около 90 % производимого пива низового брожения приходится на светлые сорта, изготовленные из светлого пивоваренного солода с добавкой несоложенных материалов (ячменя, рисовой сечки, обезжиренной кукурузы, сахара), воды, хмеля или хмелевых препаратов. При производстве темных сортов пива используются темный и карамельный солода.

Основные сортовые особенности пива (цвет, вкус, запах, аромат) во многом зависят от качества солода и соотношения его видов в рецептуре.

Вода считается оптимальной для производства пива, если отношение концентрации ионов кальция к общей щелочности воды не менее единицы, а соотношение ионов кальция и магния 1 : 1...1 : 3. Жесткость воды и ее солевой состав регулируют различными способами (реагентным, ионообменным, электродиализным и обратнo-осмотическим).

Хмель придает пиву специфический горьковатый вкус и аромат, способствует удалению из суслу некоторых белков, служит антисептиком и повышает пеностойкость пива. Важная составная часть хмеля — дубильные вещества, количество которых достигает 3 %. В пивоварении используют высушенные хмелевые шишки, молотый, гранулированный или брикетированный хмель, а также различные хмелевые экстракты.

Ферментные препараты используют при применении более 20 % несоложенного сырья в количестве от 0,001 до 0,075 % к массе перерабатываемого сырья. Аминолитические препараты повышают выход экстракта и улучшают качество суслу, протеолитические используют для ликвидации коллоидных помутнений в пиве, цитолитические повышают стойкость пива.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Приготовление затора начинают со смешивания дробленых зернопродуктов с водой при температуре 37...40 °С в заторном аппарате с мешалкой. Далее затирание ведут настойным или отварочным способом.

Настойный способ заключается в постепенном нагреве всего затора от 40 до 70 °С со скоростью 1 °С/мин и выдерживанием при температуре 40, 52, 63 и 70 °С по 30 мин. Далее затор нагревают до 72 °С и выдерживают до полного осахаривания по пробе на йод. Затем осахаренный затор подогревают до 76...77 °С и направляют на фильтрацию.

Отварной способ состоит в том, что отдельные части затора (отварки) кипятят, а затем смешивают с остальной частью затора, постепенно повышая его температуру до 75 °С. Различают следующие варианты отварочных способов: с одной, двумя, тремя отварками или кипячением всей густой части. При отварочных способах затирание ведут в двух заторных аппаратах, один из которых используют для кипячения отварки.

Осахаренный затор представляет собой суспензию, состоящую из двух фаз: жидкой (пивное сусло) и твердой (пивная дробина). Фильтрация затора подразделяется на две стадии: собственно фильтрация основного суслу и выщелачивание (вымывание экстракта, задерживаемого дробиною).

Отфильтрованное сусло и промывные воды собирают в сушварочном аппарате и кипят с хмелем для стерилизации сусла, стабилизации и ароматизации.

После окончания кипячения охмеленное сусло отделяется от хмелевой дробины и направляется на охлаждение и осветление с целью понижения температуры до 6...16 °С, насыщения его кислородом воздуха и осаждения взвешенных частиц.

Основной процесс, в результате которого сусло превращается в пиво, — спиртовое брожение. Сбраживание пивного сусла проходит в две стадии: главное брожение и дображивание. На первой стадии происходит интенсивное сбраживание сахаров сусла, в результате чего образуется молодое (мутное) пиво. При дображивании оставшиеся сахара медленно сбраживаются, пиво созревает и превращается в товарный продукт.

После созревания пиво осветляют, удаляя из него дрожжевые клетки, белковые и полифенольные вещества, хмелевые смолы, соли тяжелых металлов и микроорганизмы.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление пива можно разделить на следующие стадии:

- подготовка и дробление солода и несоложенных материалов;
- получение пивного сусла;
- сбраживание сусла и дображивание пива;
- фильтрация и осветление пива;
- упаковывание в потребительскую и торговую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса выполняются при помощи комплексов оборудования для измельчения солода и приготовления пивного сусла (варочные агрегаты, заторные и сушварочные аппараты, фильтрационные аппараты и фильтр-прессы, гидроциклонные и хмелеотборные аппараты).

Следующим идет комплекс оборудования линии для охлаждения и осветления пивного сусла, состоящий из холодильных компрессионных установок, теплообменных аппаратов и пластинчатых теплообменников, отстойных аппаратов и сепараторов.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для брожения (дображивания) пива и состоит из бродильных аппаратов и танков, установок для непрерывного брожения и дображивания.

Завершающим является комплекс оборудования линии для осветления пива, включающий фильтр-прессы, диатомитовые установки, ЕК-фильтры и сепараторы для осветления пива, а также упаковочное оборудование.

Машинно-аппаратурная схема линии производства пива представлена на рис. 3.9.

**Устройство и принцип действия линии.** Очищенный солод измельчается в вальцовой дробилке 1 в целях получения максимального количества мелкой однородной крупки и сохранения шелухи. Дробленый солод взвешивают весами 2 и сыпают в бункер 3. Отлежавшийся дробленый солод проходит магнитную очистку в магнитоуловителе 4 и подается в заторный аппарат 5, где смешивается с теплой водой (около 0 °С) и перемешивается. По окончании перемешивания (затириания) часть заторной массы (около 40 %) перекачивают в другой заторный аппарат 6, где нагревают до температуры осахаривания (около 70 °С), а по окончании осахаривания — до кипения. При кипячении крупные частицы солода развариваются, после чего первую отварку возвращают в аппарат 5. При смешивании кипящей части затора с затором, оставшимся в аппарате 5, температура всей массы достигает 70 °С. Затор оставляют в покое для осахаривания.

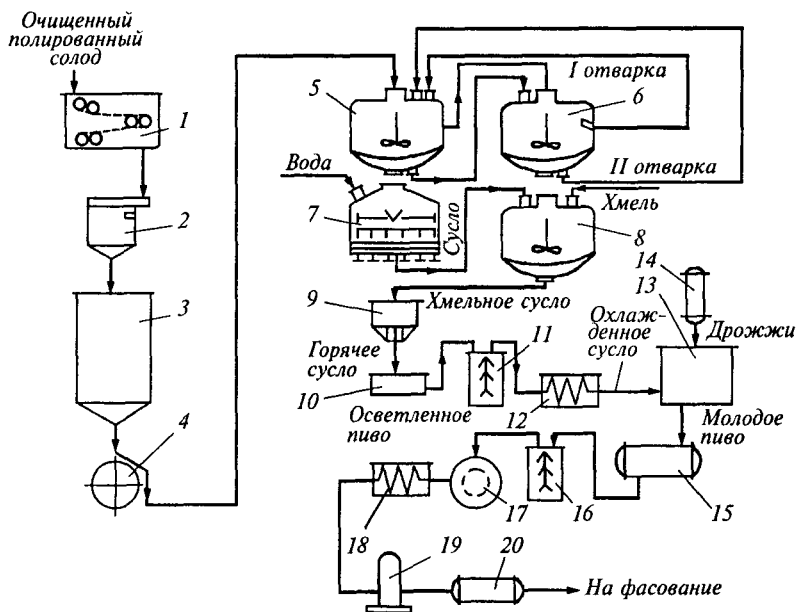


Рис. 3.9. Машинно-аппаратурная схема линии производства пива

По окончании осахаривания часть затора снова перекачивают в аппарат 6 (вторая отварка) и нагревают до кипения для разваривания крупки. Вторую отварку возвращают в аппарат 5, где после смешивания обеих частей затора температура его повышается до 75...80 °С. Затем весь затор перекачивают в фильтрационный аппарат 7. Прозрачное сусло стекает в сусловарочный аппарат 8.

В аппарате 8 сусло кипятится с хмелем. При кипячении сусла выпаривается некоторое количество воды, происходит частичная денатурация белков сусла и его стерилизация. Горячее охмеленное сусло спускают в хмелеотделитель 9, где вываренные хмелевые лепестки задерживаются, а сусло перекачивается в сборник горячего сусла 10.

Горячее сусло из сборника 10 подается в центробежный тарельчатый сепаратор 11, в котором оно очищается от взвешенных частиц коагулированных белков. Из сепаратора 11 сусло нагнетается в пластинчатый теплообменник 12, где охлаждается до 5...6 °С. Охлажденное сусло сливают в бродильный чан 13 вместе с дрожжами из чана 14. Брожение длится 6...8 сут. По окончании главного брожения молодое пиво отделяют от дрожжей и перекачивают в танк 15 для дображивания в течение 11...90 сут. По окончании дображивания пиво под давлением диоксида углерода нагнетается в сепаратор-осветлитель 16 и фильтр 17, где оно освобождается от взвешенных в нем дрожжей, других микроорганизмов и мелкодисперсных частиц. Осветленное пиво охлаждается рассолом в теплообменнике 18, насыщается (при необходимости) диоксидом углерода в карбонизаторе 19 и сливается в танк 20. Отфильтрованное пиво из танка 20 под давлением подается в отделение упаковки в потребительскую и торговую тару.

### 3.10. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КВАСА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Квас — прохладительный напиток, насыщенный диоксидом углерода, с приятным ароматом ржаного хлеба и кисло-сладким вкусом. При незначительном содержании спирта (0,4...0,6 мас. %) квас относится к безалкогольным напиткам, который утоляет жажду, освежает и поднимает тонус.

В 100 г кваса содержится: 93,4 г воды, 0,2 г белков, 5,0 г углеводов, 0,2 г золы, 0,3 г органических кислот (в пересчете на лимонную) и 0,6 г спирта. Энергетическая ценность хлебного кваса в пересчете на 1 л составляет 250 ккал (1050 кДж).

Квас делят на хлебный квас брожения и газированный, полученный купажированием. Хлебные квасы брожения — хлебный и крошечный — составляют более 90 % общего количества квасов и напитков, приготовленных на хлебном сырье. К газированным квасам относят не только квасы, полученные на основе концентрата квасного суслу (ККС), вкусовых и ароматических добавок, но и квасы, вырабатываемые на основе специфических концентратов.

Готовый хлебный квас брожения должен содержать 5,4...5,8 % СВ, а крошечный — 3...3,2 %. Кислотность этих квасов должна быть в пределах 2...4 см<sup>3</sup> на 1н NaOH/100 см<sup>3</sup>. Также квасы должны быть коричневого цвета, непрозрачными, с небольшим осадком дрожжей.

Квас получают на основе ржаного и ячменного солода, ржаной и ячменной муки, квасных хлебцев или концентрата квасного суслу. При купажировании кваса используют сахарный сироп. Для некоторых сортов кваса применяют концентраты яблочного и виноградного сока, ряд вкусовых и ароматических добавок.

Концентрат квасного суслу (ККС) представляет собой вязкую густую жидкость темно-коричневого цвета, кисло-сладкого вкуса с ароматом ржаного хлеба. ККС содержит около 70,0 мас. % сухих веществ с кислотностью в пределах 16...40 мл на 1н NaOH на 100 г концентрата.

В определенные виды кваса добавляют настои трав, чая, цитрусовых, а также хрена. Широко используют спиртовые настои мяты и полыни. Для создания заданной кислотности среды используют молочную, лимонную и уксусную кислоты.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В основе производства квасов брожения лежат анаэробные процессы незавершенного спиртового и молочно-кислого брожения. Выделяющаяся в ходе брожения теплота отводится из аппарата через теплообменники. Брожение идет при 30 °С.

При приготовлении хлебного кваса брожения разрешается заменять до 50 % ККС неохмеленным пивным суслем из расчета 64,8 дм<sup>3</sup> с содержанием сухих веществ 15 % на 100 дал кваса.

Сбраживание сахара в квасном сусле в количестве 0,6...0,8 % не может обеспечить интенсивного брожения, поэтому перед брожением в сусло вводят 25 % сахара от общей массы, расходуемой для приготовления кваса.

Путем купажирования сброженного квасного суслу с сахарным получают хлебный квас брожения. Купажирование кваса и перемешивание среды длится 1,5...6,5 ч, а сбраживание суслу — 10...18 ч.

Срок хранения кваса брожения 2 сут. За это время содержание спирта в квасе возрастает до 1...1,2 мас. %, а содержание сухих веществ снижается до 4,2...4,6 г/100 г кваса.

**Стадии технологического процесса.** Производство хлебного кваса брожения и окрошечного кваса состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья и полуфабрикатов;
- приготовление квасного сусла;
- брожение сусла;
- охлаждение и купаживание кваса;
- розлив кваса в емкости.

Приготовление кваса и напитков купаживанием можно разделить на следующие стадии:

- подготовка воды;
- приготовление сахарного сиропа и колера;
- подготовка концентрата квасного сусла и других видов сырья;
- приготовление купажного сиропа;
- смешивание и карбонизация;
- упаковывание в потребительскую и торговую тару.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки сырья и полуфабрикатов (насосы, мерники, сборники, теплообменники, фильтры и др.).

Следующим идет комплекс оборудования для приготовления квасного сусла, состоящий из настольных аппаратов, запарников, заторных аппаратов, теплообменников и фильтрационных аппаратов.

Ведущим комплексом оборудования линии являются бродильно-купажные цилиндрические и бродильные аппараты для брожения квасного сусла.

Завершающим является комплекс оборудования линии для фасования кваса в автотермоцистерны и бочки или бутылки.

Машинно-аппаратурная схема линии производства хлебного кваса методом брожения представлена на рис. 3.10.

**Устройство и принцип действия линии.** По этой схеме концентрат квасного сусла, доставляемый на завод в автоцистернах 1, перекачивается насосом 2 через мерник 4 в сборник 3. При поступлении концентрата квасного сусла в бочках 5 их устанавливают на поддон 6, ополаскивают горячей водой и концентрат насосом 7 перекачивают через мерник 4 в сборник 3 для хранения.

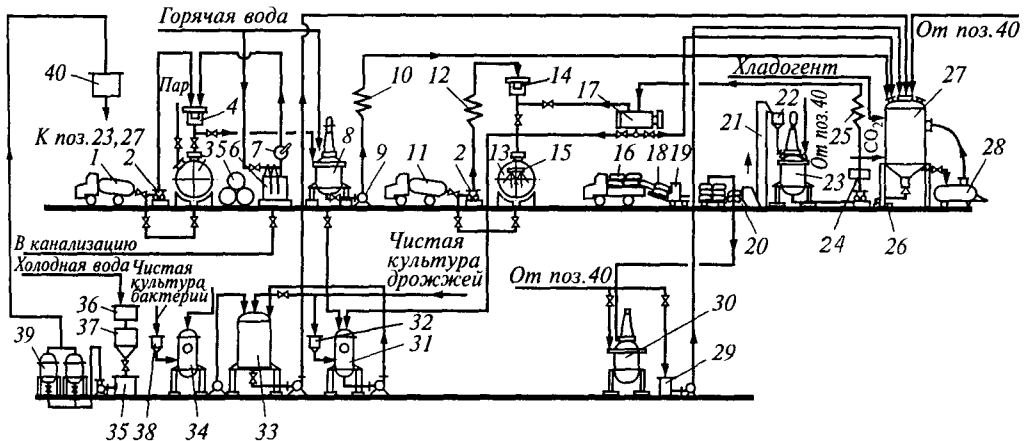


Рис. 3.10. Машинно-аппаратурная схема линии производства хлебного кваса

Сахар (жидкий рафинированный), доставляемый в автоцистернах 11, насосом 2 через теплообменник 12 и мерник 14 подают в сборники 13 с бактерицидными лампами 15. При поступлении на завод затаренного в мешки 16 сахара-песка последние снимают с автомашины на поддоны 18 автопогрузчиком 19 и перевозят для хранения на склад. По мере надобности сахар взвешивают на весах 20, норией 21 загружают в бункер 22 и подают в сироповарочный котел 23, куда предварительно налита вода. Готовый сахарный сироп насосом перекачивают через фильтр 24 и теплообменник 25 в сборник 17.

Воду, используемую на технологические нужды, направляют в промежуточный сборник 36. Оттуда она поступает в песочный фильтр 37 и из него через сборник 35 насосом направляется на керамические свечные фильтры 39 для тонкого фильтрования. Отфильтрованная вода поступает в сборник 40.

Для приготовления квасного сусла концентрат квасного сусла насосом 2 перекачивают через мерник 4 в сборник 8, где его разбавляют горячей водой. Из сборника 8 разбавленный концентрат квасного сусла насосом 9 через теплообменник 10 поступает в бродильно-купажный аппарат 27. Сюда же из сборника 17 подают расчетное количество сахарного сиропа, из сборника 40 — воду, а из аппарата 33 — смешанную дрожжевую и молочно-кислую закваску.

Чистую культуру дрожжей готовят в аппаратах 31 и 32, а чистую культуру молочно-кислых бактерий — в аппаратах 34 и 38. Затем чистые культуры дрожжей и бактерий перекачивают в аппарат 33.

Сброженное в аппарате 27 квасное сусло охлаждают, выводят осевшие дрожжи в сборник 26, а в бродильно-купажный аппарат вводят еще раз расчетное количество сахарного сиропа и колера, который готовят в аппарате 30 и выдерживают в сборнике 29. Купаж кваса тщательно перемешивают и направляют на розлив в автоцистерны 28. При фасовании в бочки или бутылки в схеме предусмотрено использование изобарических фасовочных машин.

### 3.11. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗИРОВАННЫХ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Газированная вода — питьевая вода, насыщенная диоксидом углерода до содержания 0,4...0,5 % к массе воды, с кисловатым вкусом, своеобразной свежестью и способностью хорошо утолять жажду. Искусственно минерализованные воды представляют собой бесцветные растворы химически чистых солей натрия, кальция и магния в воде, насыщенной диоксидом углерода.

Минеральные воды разделяют на природные столовые (минерализация которых не превышает 1,0 мг/дм<sup>3</sup>), лечебно-столовые (с минерализацией 1,0...10,0 мг/дм<sup>3</sup>) и лечебные (с высокой степенью минерализации 10,0...15,0 мг/дм<sup>3</sup> и содержанием биологически активных компонентов — йод, мышьяк, бор и др.). В зависимости от химического состава минеральные воды подразделяют на 31 группу (гидрокарбонатную, натриевую, сульфатную, магниевую-кальциевую и др.).

Газированные фруктовые воды представлены двумя группами напитков: общего назначения (водные растворы купажных смесей сахарного сиропа, фруктово-ягодных соков и морсов, натуральных экстрактов, пищевых кислот и красителей) и для больных диабетом (сахароза заменена ксилитом, сорбитом или сахарином).

На основе некоторых растений (женьшень, элеутерококк, аралия маньчжурская, чай и др.) собраны тонизирующие напитки. Безалкогольные витаминизированные напитки содержат витамин С в пределах 150...160 мг/л, а также витамины группы В ( $B_1$  — 1,0...1,2 мг/л,  $B_2$  — 0,6...1,0 мг/л,  $B_6$  — 1,5...2,5 мг/л).

Сухие напитки выпускают в виде шипучих (состоят из смеси сахара, виннокислотной кислоты, пищевых эссенций, плодово-ягодных экстрактов, а также пищевой соды) и нешипучих (не содержат пищевую соду). Освоен выпуск сыпучих напитков в виде таблеток и порошка.

Основным сырьем рассматриваемых напитков являются вода питьевого назначения, сахар и его заменители. В качестве полуфабрикатов используют осветленные плодово-ягодные натуральные соки, спиртованные, сброженно-спиртованные и концентрированные соки, виноградное вакуум-сусло, натуральные плодово-ягодные сиропы, экстракты, морсы, виноматериалы.

К дополнительным видам сырья относят пищевые кислоты, красители, ароматические вещества в виде настоев, эссенций, эфирных масел, стабилизаторы напитков и диоксид углерода, а также спирт этиловый ректификационный. Для сатурации воды и купажного сиропа применяют пищевой жидкий диоксид углерода с содержанием  $CO_2$  не менее 98,8 %.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Если газированные напитки готовят на полуфабрикатах, то все плодово-ягодные соки фильтруют, а концентраты и экстракты разбавляют подработанной питьевой водой в соотношении 1 : 5, смесь отстаивают в течение 2...5 ч, а затем фильтруют. Ароматные настои и эссенции перед подачей в купаж фильтруют, а колер предварительно растворяют в воде в соотношении 1 : 5. Все кристаллические пищевые кислоты задают в купаж в виде 90 %-ного водного раствора, а молочную кислоту в жидком виде. Инвертированный белый сахарный сироп перед купажированием фильтруют, осветляют и охлаждают до 20 °С.

Купажные сиропы из полуфабрикатов готовят одним из трех способов — холодным (для приготовления напитков с добавлением цитрусовых настоев, концентратов, композиций и натуральных эссенций), полугорячим (часть сока или вина подают в сироповарочный аппарат для варки с сахаром) и горячим (всю норму плодово-ягодного сока или вина вносят в сироповарочный аппарат). Два последних способа предусматривают совмещение процессов купажирования и инверсии сахарозы, происходящих под действием кислот и соков, добавляемых вместо воды при варке сиропа.

Готовые напитки должны быть прозрачными, без осадка и посторонних взвешенных частиц. Цвет напитков должен соответствовать установленным эталонам цветности для каждого вида напитка. Вкус и аромат должны соответствовать исходному сырью, из которого изготавливают напитки. Насыщенность напитка диоксидом углерода должна быть выражена обильным и продолжительным выделением газа.

**Стадии технологического процесса.** Приготовление газированных безалкогольных напитков состоит из следующих стадий:

- кондиционирование воды;
- приготовление сахарного и инвертного сиропов;
- получение колера;
- приготовление купажных сиропов;
- фильтрация и охлаждение купажных сиропов;
- насыщение воды или смеси сиропа и воды диоксидом углерода;
- фасование и хранение безалкогольных напитков.

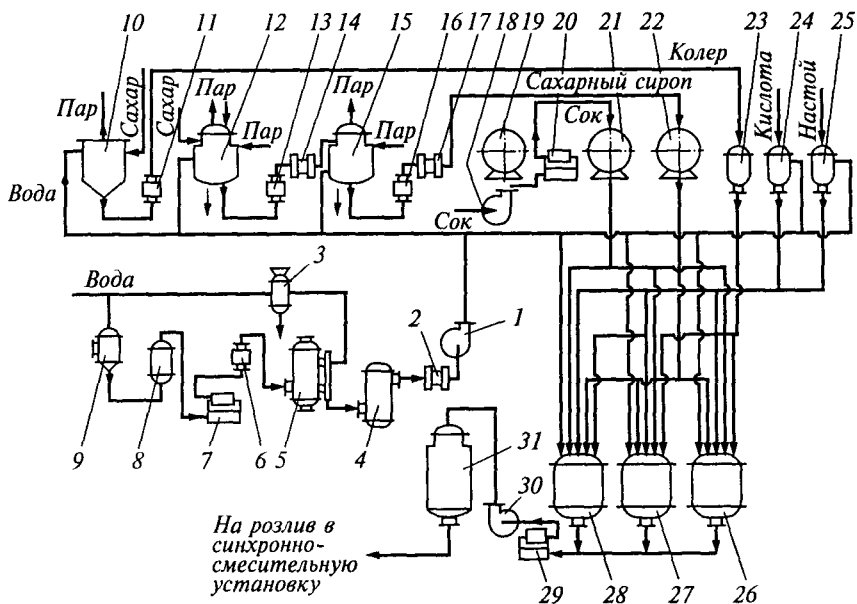


Рис. 3.11. Машинно-аппаратурная схема линии производства газированных безалкогольных напитков

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для обработки воды (дефферезаторы, песочные и керамические фильтры, бактерицидные установки и ультрафильтрационные аппараты).

Следующим идет комплекс оборудования для приготовления сахарного и купажного сиропов, состоящий из системы сироповарочных аппаратов, насосов, теплообменников, сироповарочной станции и колероварочного аппарата.

Далее следует комплекс оборудования для приготовления купажных сиропов, состоящий из купажных аппаратов, фильтр-прессов и теплообменников.

Завершающим является комплекс оборудования для насыщения воды диоксидом углерода и приготовления газированных напитков (сатураторы, струйные аппараты и синхронно-смесительные установки), а также упаковочное оборудование.

Машинно-аппаратурная схема линии производства газированных безалкогольных напитков представлена на рис. 3.11.

**Устройство и принцип действия линии.** Вода, являющаяся основным компонентом газированного напитка, сначала фильтруется в песочном фильтре 9 грубой очистки. Тонкая обеспложивающая фильтрация воды осуществляется в керамическом свечном фильтре 8.

Для тонкой очистки воды используют фильтр-пресс 7, также работающий под давлением. Осветленная вода насосом 6 подается в катионитовый фильтр 5 для умягчения. Регенерация фильтров осуществляется с помощью солерастворителя 3 путем изменения тока воды. Умягченная вода подвергается обеззараживанию ультрафиолетовыми лучами в бактерицидной установке 4. Насосом 1 вода подается в холодильник 2, где охлаждается до температуры 4...7 °С и направляется в производство.

Сахар по мере надобности очищают от посторонних примесей, взвешивают и загружают в сироповарочный аппарат 12. Туда же наливают воду в количестве 40 % к массе сахара, подают исправимый брак из цеха и кипятят в течение 20...25 мин. Готовый сахарный сироп насосом 13 подают на охлаждение в теплообменник 14.



В целях предотвращения кристаллизации сахарозы и придания сахарному сиропу мягкого и приятного вкуса его направляют в сироповарочный аппарат 15 для инверсии. Инвертный сахарный сироп после охлаждения в теплообменнике 17 до 25 °С насосом 16 перекачивается в сборник 22.

Соки и настои из сборника 19, отфильтрованные при необходимости в фильтр-прессе 20, насосом 18 подаются в стальной эмалированный сборник 21. Для растворения лимонной кислоты и эссенции, а также для приготовления разных добавок на предкупажной площадке размещены сборники 24 и 25.

Колер, используемый для окраски напитков, готовят путем нагревания сахара до 180...200 °С в колеровочном аппарате 10, куда наливают воду в количестве 1...3 % к массе сахара. Из колеровочного аппарата 10 колер насосом 11 направляется в сборник 23.

Купажный сироп готовится в вертикальных купажных аппаратах 26...28, снабженных мешалками якорного типа. Все компоненты купажа поступают в аппарат самотеком из сборников 21, 23...25, смонтированных на предкупажной площадке. Готовый купажный сироп фильтруется на фильтре 29, охлаждается до температуры 8...10 °С и насосом 30 подается в напорный сборник 31, откуда самотеком подается на непрерывно действующую установку для смешивания купажа с водой и насыщения напитка диоксидом углерода.

### 3.12. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДКИ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Водка — крепкий алкогольный напиток с объемным содержанием спирта (крепостью) 40...56 %, приготовленный смешиванием ректификационного спирта и воды с последующей обработкой и фильтрованием. Она представляет собой прозрачную бесцветную жидкость без посторонних включений с характерным водочным ароматом и вкусом.

Водку готовят на ректификационных спиртах высшей очистки «Экстра» и «Люкс». В зависимости от сорта спирта и ингредиентов она делится на водку и водку особую. Особая водка отличается специфическим ароматом и мягким вкусом, которые обусловлены внесением таких ингредиентов, как глицерин, мед, сахар, уксусная и лимонная кислота, гидроксид натрия, дихромат калия и эфирные масла.

Вода, используемая для приготовления водки, должна содержать минимальное количество продуктов распада органических азотистых веществ и легко окисляющихся неорганических примесей. Обессоливание воды обеспечивается электродиализным или обратнoосмотическим методами.

Различные добавки вкусового характера рассчитывают на 1000 дал водки. Например, при приготовлении «Столичной» водки в сортировку задают в виде сиропа 20 кг сахара, в «Русскую водку» — 0,01 кг перманганата калия, в «Украинскую горилку» — 40 кг меда, в «Посольскую» водку — 3,1...6,2 кг сухого обезжиренного молока (как белковый полимер для извлечения ряда примесей и как источник сахара мальтозы).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Сортировку и водно-спиртовой раствор на ликероводочных заводах готовят периодическим и непрерывным способами, причем периодический способ является традиционным.

Для производства водки спирт сначала смешивают с очищенной умягченной водой. При этом происходит выделение теплоты (наибольшее тепловыделение при содержании спирта в растворе 36,25 об. %) и сжатие (контракция) раствора. Выделение теплоты и сжатие раствора свидетельствуют о взаимодействии молекул воды и спирта, при котором образуются непрочные соединения — гидраты.

При расчете количества спирта и воды для приготовления заданного объема сортировки учитывают эти особенности процесса. Например, для приготовления водно-спиртового раствора крепостью 40 об. % необходимо к 100 дал. спирта крепостью 96,2 об. % прибавить не 100, а 147,59 дал. воды.

Водно-спиртовой раствор, смешиваемый периодическим способом, готовят примерно 1,5 ч. Сначала из мерников последовательно задают расчетное количество спирта, а затем воду. Смесь перемешивают в течение 5...20 мин, а затем центробежным насосом перекачивают в напорный сборник. Воздух, содержащий пары спирта, направляют в ловушку-адсорбер для их улавливания.

Непрерывный способ приготовления водно-спиртового раствора обеспечивает высокую стабильность и точность крепости сортировки  $\pm(0,05...0,1)$  об. % по отношению к номинальному процессу, сокращает продолжительность процесса и потери спирта на 0,05 %.

Приготовление водно-спиртовой смеси непрерывным способом с помощью поточного (струйного) многоступенчатого перемешивания обеспечивает встречное турбулентное давление струй спирта и воды в смесителе, сопровождающееся образованием гидратов. При работе по этому способу спирт и умягченная вода дозируются в соотношении 1 : 1,48. Крепость сортировки при этом  $40\pm 0,2$  об. %. Ингредиенты вводят в поток воды перед смесителем. Скорость подачи спирта и умягченной воды контролируют расходомерами, а концентрацию спирта — поточным плотномером.

Непрерывный инъекционный способ обеспечивает крепость водно-спиртового раствора  $40\pm 0,2$  об. %. Смеситель, выполненный в виде инжектора с турбунизатором, с оборудованной внутри перфорированной трубой, обеспечивает эффективное гидродинамическое перемешивание. Скорость истечения смеси через отверстие перфорированной трубки 2,5...4,5 м/с. Давление на входе в инжектор составляет 0,8 МПа, а на выходе — 0,1 МПа. При приготовлении сортовых водок в смеситель подают расчетное количество ингредиентов в виде растворов.

**Стадии технологического процесса.** Производство водки состоит из следующих стадий:

- приемка ректификационного спирта;
- подготовка воды;
- подготовка водно-спиртовой смеси;
- обработка водно-спиртовой смеси активированным углем;
- фильтрование водки;
- внесение ингредиентов;
- контрольное фильтрование водки;
- фасование и оформление готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки водно-спиртовых растворов, в состав которого входят аппараты для кондиционирования воды, ультрафильтрационные и обратноосмотические установки, а также сортировочные аппараты и смеситель непрерывного действия.

Другой подготовительный комплекс оборудования линии содержит песочные фильтры, угольные колонки и установки для регенерации активированного угля перегретым паром.

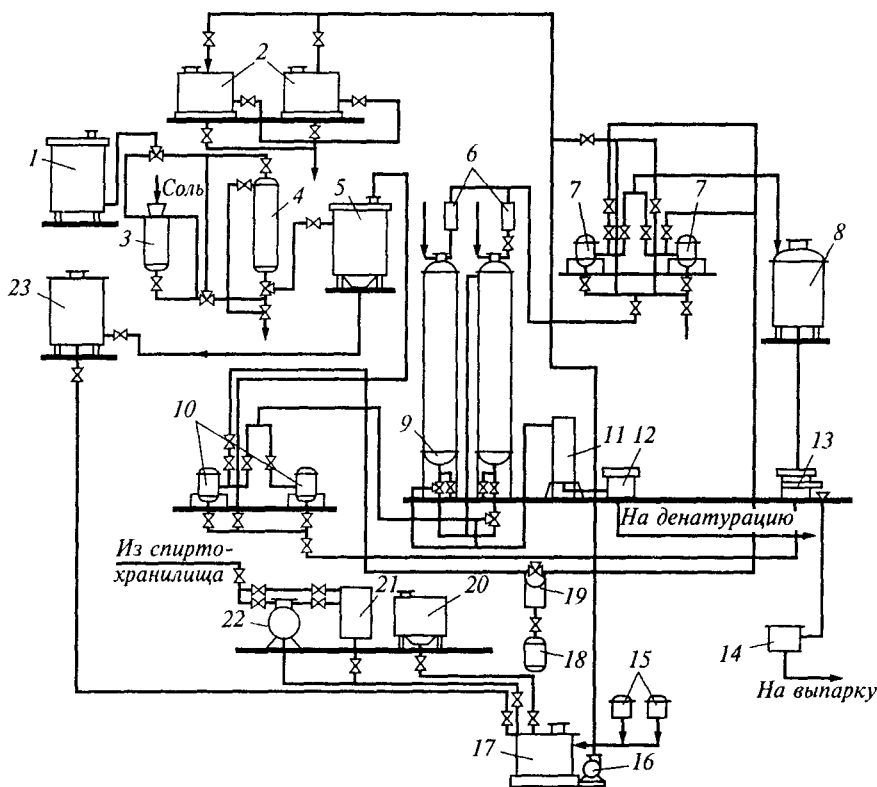


Рис. 3.12. Машинно-аппаратурная схема линии производства водки периодическим способом

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для фасовки и оформления готовой продукции. В его составе имеются бутылкомоечные, фасовочно-укупорочные, инспекционные и этикетировочные машины.

На рис. 3.12 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства водки периодическим способом.

**Устройство и принцип действия линии.** Ректификационный спирт высшей степени очистки (или спирт "Экстра"), поступающий на приготовление водки, принимают по объему, измеряемому специальными мерниками, с одновременным определением содержания этилового спирта.

Сортировку или водно-спиртовой раствор приготавливают классическим периодическим или непрерывным способом. При получении водки периодическим способом вода, используемая для приготовления водки, должна содержать минимальное количество продуктов распада органических азотистых веществ и легкоокисляющихся неорганических примесей. Воду с общей жесткостью 1...7 мг-экв/л умягчают катионитами, а с жесткостью более 7 мг-экв/л подвергают до обработки катионитами известкованию или же совместно Na-катионированию.

Для улучшения качества воды применяют отстаивание, фильтрование, коагуляцию, дезодорацию, обезжелезивание и умягчение.

Вода из напорного бака 1 для снижения жесткости проходит через слой сульфоугля или глауконита в катионитовом фильтре 4. Сульфоугль регенерируется раствором поваренной соли, которую готовят в солерастворителе 3. Умягченная вода собирается в емкости 5 и через мерники воды 23 поступает в сортировочный аппарат 17.

Спирт из спиртохранилища через конический 22 и цилиндрический 21 мерники поступает в сортировочный аппарат 17. Сюда же из бачков 15 поступают ингредиенты, водно-спиртовая жидкость из бачка 19 через контрольный фильтр 18 после промывки в песочных фильтрах 7, водно-спиртовая жидкость из цеха розлива и остатки других сортировок из бачка 20.

В сортировочном аппарате 17 смесь перемешивается мешалкой или насосом 16. Этим же насосом сортировка перекачивается в напорные баки 2 и далее через фор-фильтры 10 в угольные колонки 9. Скорость потока жидкости контролируется ротаметрами 6. В угольных колонках 9 смесь фильтруется через слой активированного угля, в результате чего из нее удаляются примеси, придающие ей неприятный вкус и запах. Для регенерации активированного угля его обрабатывают паром при температуре 110...115 °С, а образующиеся при этом пары спирта конденсируются в холодильнике 11 и собираются в емкости 12.

Из угольных колонок 9 очищенная смесь через песочные фильтры 7 попадает в сборник водки 8, из которого водка направляется в фасовочные и укупорочные машины 13. Получающийся брак водки при розливе собирается в сборник 14.

### 3.13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НАСТОЕК, НАЛИВОК И ЛИКЕРОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Слабоградусные ликероводочные изделия (настойки, наливки, ликеры) — спиртные напитки крепостью 12...45 об. %, приготовленные смешиванием полуфабрикатов (спиртованных соков, морсов, настоек, ароматных спиртов, сахарного сиропа и экстрактов из растительного сырья), эфирных масел с этиловым ректификационным спиртом и водой с добавлением красителей или без них.

Сырьем для таких изделий (кроме спирта и воды) служат различные плоды, ягоды, травы, корни, цветы, семена растений и корка плодов, состав которых представлен различными вкусовыми, ароматическими и вяжущими веществами, а также сахар, мед, портвейн, коньяк, лимонная кислота, эфирные масла и красители. В качестве полуфабрикатов используют спиртованные соки, морсы, настои и ароматные спирты.

Спиртовой сок — доброкачественный сок плодов и ягод, законсервированный этиловый спирт высшей очистки до крепости 25 об.%. Спиртованный морс получают настаиванием свежего или сушеного плодово-ягодного сырья с водно-спиртовым раствором крепостью 40...45 об. %. Спиртованные настои — водно-спиртовые вытяжки из эфиромасличного или неароматного сырья. Ароматные спирты — продукты, получаемые путем перегонкипряного растительного сырья, залитого водно-спиртовым раствором крепостью 50...60 об. %.

Ликеры отличаются сравнительно высоким содержанием спирта (25...45 об. %) и сахара (25...50 г/см<sup>3</sup>). Настойки представлены пятью группами изделий, из которых три содержат спирт и сахар, а две практически только спирт. По содержанию спирта и сахара наливки занимают промежуточное положение между ликерами и сладкими настойками.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Настойки, наливки и ликеры готовят по действующим рецептам, составленным на основе научных разработок и утвержденным соответствующими органами.

Слабоградусные ликеро-водочные изделия купажируют (смешивают в определенной последовательности) в купажных аппаратах цилиндрической формы, изготовленных из кислотоупорной стали, покрытой эмалью, дерева или кислотоупорной керамики.

Последовательность купажирования обусловлена составом купажа. При купажировании изделий, например из плодово-ягодных полуфабрикатов, в купажный аппарат вносят спиртованные соки, морсы и часть воды ( $\frac{1}{3}$ ), затем последовательно спирт, часть воды ( $\frac{1}{3}$ ), сахарный сироп, раствор кислоты, краситель (80 %) и последнюю фазу воды ( $\frac{1}{4}$ ) для доведения купажа до заданного объема. Во время корректировки процесса задают остальную часть красителя. Изделия купажируют при комнатной температуре.

Для стабилизации ликероводочных изделий используют растворимый поливинилпирролидон из расчета 40...80 мг/л купажа. Иногда используют желатин, бентонит или их смеси. Для повышения стойкости готовых изделий применяют микробные ферментные препараты.

Некоторые ликеры подвергают выдержке (старению) в дубовых бочках вместимостью 0,05 м<sup>3</sup> или бутах вместимостью 2,5 и 5 м<sup>3</sup> при температуре 8...20 °С и относительной влажности воздуха 80 % в течение 2...24 мес в зависимости от вида изделий.

Лучше хранятся ликеры и наливки (6...8 мес), лишь до 3 мес хранятся горькие настойки.

**Стадии технологического процесса.** Производство слабоградусных ликеро-водочных изделий состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья и полуфабрикатов;
- купажирование;
- фильтрование;
- выдержка;
- розлив.

**Характеристики комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для получения полуфабрикатов: аппаратов для приготовления спиртованных соков (машины для мойки сырья, дробилки и оборудование для прессования измельченного сырья), экстракционных аппаратов для приготовления спиртованных настоек и морсов, перегонных аппаратов для получения ароматных спиртов и ванарных установок, а также аппаратов для получения сахарного сиропа и колера.

Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для купажирования изделий. В его составе имеются различные купансные аппараты цилиндрической формы, снабженные мешалками.

Завершающий комплекс оборудования линии состоит из аппаратов для фильтрования — камерных и рамных фильтр-прессов, фильтр-картонов.

Финишным комплексом оборудования линии являются бутылкомоечные, фасовочно-укупорочные, инспекционные и этикетировочные машины.

На рис. 3.13 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства настоек, наливок и ликеров.

**Устройство и принцип действия линии.** При получении ароматного спирта растительное сырье измельчается в корнедробилке 1 и траворезке 2. Измельченное сырье загружается в экстракционный аппарат 4 и заливается водно-спиртовым раствором. Для ускорения процесса экстрагирования водно-спиртовой раствор насосом 3 многократно прокачивается через слой измельченного сырья. Полученный настой направляется в перегонный аппарат 5, в котором получают ароматный спирт крепостью 60...80 %. В холодильнике 8, снабженном смотровым фонарем 6 и дефлегматором 7, ароматный спирт охлаждается и направляется в сборник 9.

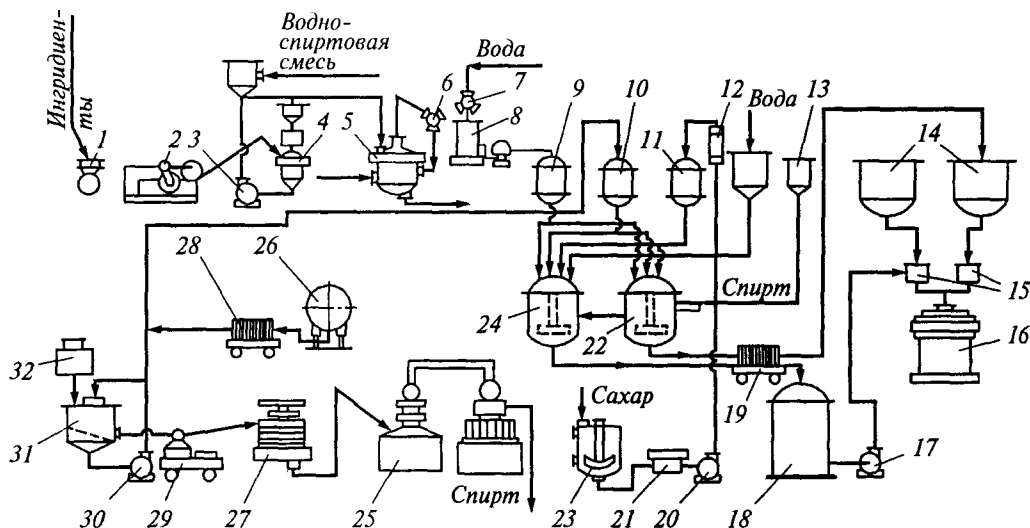


Рис. 3.13. Машинно-аппаратурная схема линии производства настоек, наливок и ликеров

Сахарный сироп приготавливается в сироповарочном аппарате 23, обогреваемом паром через паровую рубашку и снабженном мешалкой. Готовый сироп фильтруется через фильтр 21 и насосом 20 через холодильник 12 перекачивается в сборник 11.

Спиртованные морсы получают из сушеного плодово-ягодного сырья, которое измельчается в дробилке 32. Дробленое сырье загружается в настойный аппарат 31, в который добавляют водно-спиртовой раствор крепостью 40...50 %. В процессе настаивания раствор перемешивают насосом 30. Длительность настаивания 10...14 сут. Готовый спиртованный морс насосом 30 перекачивают в сборник 10.

Остаток сырья из настойного аппарата 31 насосом 29 подается в пресс 27. После прессования остаток сырья направляется в выпарной аппарат 25, в котором из отжатого сырья извлекается спирт.

Спиртованные соки на ликероводочных заводах изготавливаются в сокоморсовых цехах и хранятся в емкостях 26. При подаче спиртованных соков в производство их фильтруют в фильтре 28 и направляют в сборник 10.

Смесь из ароматного спирта, соков, сиропа, воды и других составных частей приготавливается в купажных аппаратах 22 и 24. Спирт в купажные аппараты 22 и 24 подается из мерника 13. Для улучшения вкуса и аромата изделий смесь (купаж) выдерживается 24...72 ч. После выдержки изделия фильтруются в фильтр-прессе 19. Наливки и настойки направляются в напорные баки 14, из которых изделия через контрольные фильтры 15 поступают в разливочный автомат 16.

Ликеры из купажных аппаратов 22 и 24 подаются на выдержку, при которой улучшается их качество. Выдержка ликеров осуществляется в емкости 18 при температуре 8...20 °С. Время выдержки 1...6 мес, для некоторых сортов ликеров — до двух лет. Насосом 17 ликеры подаются в фасовочные и укупорочные машины 16 через контрольный фильтр 15.

### 3.14. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАС

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Колбасные изделия готовят на основе мясного фарша с солью, специями и добавками, в оболочке или без нее и подвергают тепловой обработке до готовности к употреблению.

Для выработки вареных колбас используют говядину, свинину, баранину, мясо птицы и другие виды мяса в парном, остывшем, охлажденном, подмороженном и замороженном состояниях, субпродукты 1-й и 2-й категорий, отпрессованную мясную массу, белковые препараты (кровь, плазму крови, казеинаты, изолированные и концентрированные соевые белковые препараты), а также пшеничную муку, крахмал, молоко, яйцопродукты.

Вареные колбасы должны иметь упругую, плотную, некрошливую консистенцию. На разрезе продукта фарш монолитный, для структурных колбас кусочки шпика или грудинки равномерно распределены, имеют определенную форму и размеры. Цвет продуктов на разрезе равномерный, розовый или ярко-розовый без серых пятен. Колбасные изделия должны иметь приятный запах с ароматом пряностей, без посторонних привкуса и запаха.

Требования к внешнему виду определяются действующей нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке. Они ориентированы на спрос потребительского рынка, хороший дизайн, удобство при транспортировке и возможность контроля качества готовых изделий. Вареные колбасы упаковывают в оборотную тару массой до 40 кг или в тару из гофрированного картона массой до 20 кг.

Вареные колбасы высшего сорта (диабетическая, докторская, любительская, столовая, останкинская, прима, молочная и др.) имеют срок реализации при температуре 0...8 °С и относительной влажности воздуха 75...85 % не более 72 ч, а колбасы 1, 2 и 3 сортов — 48 ч с момента окончания технологического процесса при использовании обычных колбасных оболочек. Срок реализации может быть увеличен при использовании специальных формулирующих материалов из полимерных пленок.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Обваленное мясо жилуют и нарезают в зависимости от группового ассортимента на куски массой до 1 кг. Мясо в кусках или в измельченном виде взвешивают и подвергают посолу мокрым или сухим способом с использованием посолочных ингредиентов. Затем сырье повторно измельчают в два этапа: грубо (на волчке) и тонко (на куттере).

Сырье, пряности, воду (лед) и другие материалы взвешивают в соответствии с рецептурой с учетом добавленных при посоле соли или рассола и готовят фарш на куттере, куттере-мешалке, мешалке-измельчителе или других машинах.

Вначале загружают нежирное мясное сырье (измельченное на волчке с диаметром отверстий решетки 2...3 мм): говядину высшего, 1 и 2 сортов, нежирную свинину, баранину жилованную, а также добавляют часть холодной воды (льда), раствор нитрата натрия (если он не был внесен при посоле сырья), фосфатиды, сыворотку или плазму крови, белковый стабилизатор, соевые белковые препараты в виде геля. После 3...5 мин перемешивания вводят полужирную говядину, пряности, препарат гемоглобина или кровь, сливочное масло (для колбасы диетической), аскорбинат или изоаскорбинат натрия, либо аскорбиновую кислоту и обрабатывают фарш еще 3...5 мин, за 2...5 мин до конца обработки добавляют крахмал или муку.

При приготовлении фарша колбасных изделий с использованием белковых препаратов (изолированных и концентрированных соевых белков, казеинатов и т.д.) в конце перемешивания в куттер добавляют соль из расчета 2,5 кг на 100 кг гидратированных белковых препаратов. Общая продолжительность обработки фарша на куттере или куттере-мешалке 8...12 мин, температура готового фарша в зависимости от температуры исходного сырья, количества добавленного льда и типа измельчителя составляет 12...18 °С.

Для приготовления фарша в высокоскоростных вакуумных куттерах или измельчителях (скорость резания более 120 м/с) используют несоленое жилованное мясо в кусках. Для этого загружают говядину, добавляют лед, раствор нитрата натрия, соль и другие ингредиенты, закрывают крышку куттера, создают остаточное давление 15 кПа и куттеруют сырье 5...8 мин. Затем отключают вакуум и продолжают куттерование в течение 3...4 мин до полной готовности фарша. Общая длительность куттерования 8...12 мин. Температура готового фарша 11...12°C.

Количество воды, добавляемой при приготовлении фарша, зависит от состава сырья и составляет 15...30 % от массы куттеруемого сырья. Для снижения температуры фарша рекомендуется воду заменять льдом частично или полностью.

Наполнение колбасных кишечных и искусственных оболочек фаршем производят на пневматических, гидравлических или механических вакуумных шприцах при остаточном давлении 8 кПа. Наполнение фаршем искусственных оболочек диаметром 100...120 мм производят с использованием цевок диаметром 40...60 мм. Вязку батонов производят вискозным шпагатом и льняными нитками. В последнее время широко используются искусственные полимерные оболочки и их формовка производится с помощью клипсаторов.

Батоны сырых колбас в натуральной оболочке, нашприцованные без применения вакуума, подвергают кратковременной осадке (для подсушивания оболочки и уплотнения фарша) в течение 2 ч при 0...4°C.

В стационарных камерах батоны обжаривают при 90...100 °C в течение 60...140 мин. Обжаренные батоны варят паром в пароварочных камерах или в воде при температуре 75...85 °C до достижения температуры в центре батона 70 °C. После варки колбасы охлаждают под душем холодной водой в течение 10 мин, а затем в камере при температуре не выше 8 °C и относительной влажности воздуха 95 % до достижения температуры в центре батона не выше 15°C.

**Стадии технологического процесса.** Изготовление вареных колбас состоит из следующих стадий:

- предварительное измельчение мясного сырья;
- посол и созревание мяса;
- тонкое измельчение и приготовление фарша;
- шприцевание фарша в оболочку;
- вязка батонов и навеска его на раму;
- тепловая обработка (обжарка, варка и охлаждение);
- хранение и упаковка.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для предварительного измельчения мясного сырья, в состав которой входят волчки-жиловщики, блокорежки, блокорежка-измельчитель и напольные тележки.

В состав линии входят комплекс оборудования для посола мяса, состоящий из смесителя, агрегата для измельчения и посола мяса, а также комплекса оборудования для посола и созревания мяса.

Комплекс оборудования для созревания мяса представляет собой камеру, состоящую из стационарных стеллажей и напольных тележек.

Ведущим является комплекс оборудования для тонкого измельчения и приготовления фарша, в состав которого входят волчок, куттер, смеситель-измельчитель, мешалка-измельчитель, куттер-мешалка и фаршеприготовительный агрегат.

Комплекс оборудования для шприцевания фарша в оболочку состоит из шприца, конвейера для вязки колбас, клипсатора, колбасного агрегата и колбасных рам.



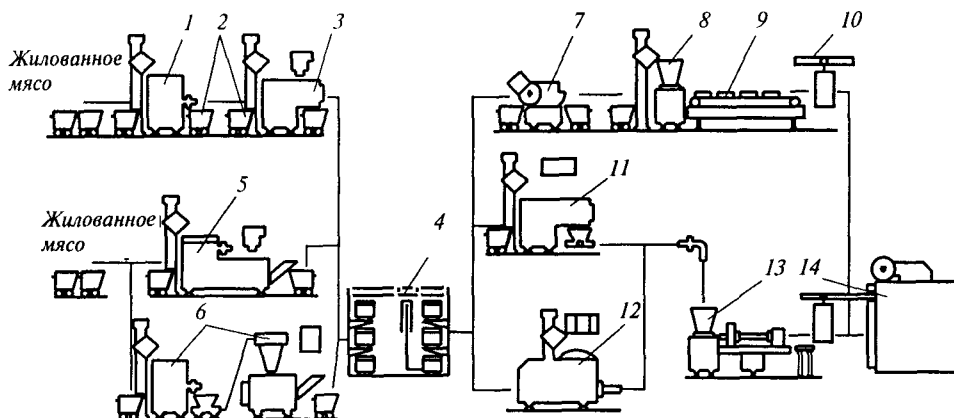


Рис. 3.14. Машинно-аппаратурная схема линии производства вареных колбас

Завершающий комплекс состоит из термоагрегата непрерывного действия или термокамеры периодического действия.

Машинно-аппаратурная схема линии производства вареных колбас представлена на рис. 3.14.

**Устройство и принцип действия линии.** После разделки и обвалки мясо направляют на жиловку: отделение соединительной ткани, кровеносных и лимфатических сосудов, хрящей, мелких косточек и загрязнений.

Жилованное мясо на предприятиях малой мощности измельчают в волчке 1 и с помощью напольных тележек 2 транспортируют к смесителю 3, в которых производят посол. Посоленное мясо выгружают из смесителя 3 в напольную тележку и транспортируют в камеру созревания 4.

На предприятиях средней и большой мощности измельчение и посол мяса осуществляют с помощью посолочного агрегата 5 или комплекса оборудования для посола мяса 6. В первом агрегате измельченное мясо самотеком попадает в смеситель, а во втором — фаршевым насосом перекачивается по трубопроводу от волчка в весовой бункер смесителя. Посолочные вещества подают автоматические дозаторы в количестве, пропорциональном массе измельченного мяса в деже смесителя. После перемешивания и выгрузки сырье в тележках направляют в камеру созревания 4.

При использовании чашечного куттера 7 для тонкого измельчения и приготовления фарша к шприцующей машине 8 фарш транспортируют в напольных тележках, которые с помощью подъемника разгружаются в приемный бункер шприца. В этом случае формование колбасных батонов производят вручную в отрезную оболочку с одним заделанным концом с последующей ручной вязкой батонов шпагатом на конвейерном столе 9 и разгрузкой их в колбасные рамы 10.

Для приготовления вареных колбас с более высокой степенью механизации применяют комбинированные машины для приготовления фарша и автоматы для формования колбасных изделий. Смеситель-измельчитель 11 предназначен для смешивания выдержанного в посоле измельченного мяса с рецептурными ингредиентами и последующим его тонким измельчением. Формование вареных колбас с изготовлением оболочки из рулонного материала осуществляют на колбасном агрегате 13.

После вязки или наложения петли батоны навешивают на палки, которые затем размещают на рамы 10 и направляют в термокамеру 14 для термической обработки (осадки, обжарки, варки и охлаждения).

### 3.15. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ КОНСЕРВОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Мясные консервы — продукты с длительным сроком хранения, вырабатываемые из мяса и мясопродуктов. Подразделяют на:

- мясные натуральные и рубленые («Говядина тушеная», «Свинина тушеная», «Баранина тушеная», «Завтрак туриста» свиной и говяжий и др.);
- из мясопродуктов (фарши свиной, сосисочный, колбасный, любительский, колбасный куриный и др.);
- из субпродуктов (паштеты «Любительский», «Московский», «Особый»; «Язык в собственном соку» и др.);
- мясорастительные — из мяса и растительного сырья (капуста, макароны, рис, фасоль, горох и др.).

Из мясных консервов, являющихся продуктами полной кулинарной готовности, можно приготовить высокопитательные первые и вторые блюда, а также холодные закуски. Мясные консервы в зависимости от рецептуры и используемого сырья содержат практически все необходимые пищевые компоненты: белки, жиры, зольные элементы и углеводы.

Мясные консервы — высококалорийные, компактные продукты питания, хранящиеся достаточно длительное время в неблагоприятных условиях без порчи. Основным сырьем при приготовлении консервов является говядина, свинина, баранина, конина, оленина, мясо кроликов и птицы, субпродукты, жировое сырье, яйца, молоко и молочные продукты.

К вспомогательным материалам относятся бобовые, крупяные, мучные продукты, посолочные ингредиенты, пряности и овощи. Из овощей в основном используют картофель, капусту, морковь. Для приготовления соусов и заливок применяют томат-пасту, томат-пюре и др. Из пряностей — гвоздику, перец, мускатный орех, корицу, лавровый лист, лук, чеснок, петрушку и укроп.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Для выработки мясных консервов допускается использовать мясо в охлажденном и размороженном виде. Не допускается использование парного мяса. При производстве натуральных консервов жилованное мясо нарезают на куски массой 30...120 г и закладывают в банку вместе с солью, специями и заливками. Тушки кроликов и птицы перед фасованием разрубают на куски массой до 200 г. Жир-сырец (для «Баранины тушеной» и «Говядины тушеной») измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 4...6 мм.

При перемешивании мясного сырья с ингредиентами вносят посолочные вещества. При изготовлении консервов «Завтрак туриста» сырье, измельченное на волчке мясо на куски массой 30...70 г, перемешивают в мешалке с солью, специями, сахаром, нитратом натрия и выдерживают при 4 °С в течение 3...4 сут. Использование рассолов (на 100 кг мяса 2,0...2,5 кг соли и 7,5 кг нитрата натрия в растворе) позволяет сократить продолжительность посола и повысить качество готового продукта.

Некоторые виды основного сырья и вспомогательных материалов перед использованием подвергают предварительной тепловой обработке: бланшированию, обжариванию, копчению и варке.

При фасовании вначале закладывают плотные составные части: соль, специи, жир-сырец, мясо, после чего в банку заливают жидкие компоненты — бульон и соус.

При фасовании жидкие и сыпучие компоненты дозируют машинами по объему с помощью мерных наполнительных цилиндров.

Взвешенные банки, наполненные содержимым, подают на закатку (присоединение крышки к корпусу). На закаточных машинах перед подачей крышки на прифальцовку ее маркируют (наносят специальные знаки, выдавливая металл внутрь банки). Сущность процесса закатки состоит в герметичном присоединении крышки к корпусу банки путем образования двойного закаточного шва.

Во время порционирования возникает опасность попадания воздуха в банку, кислород которого вызывает коррозию металла, замедляет процесс стерилизации, ухудшает качество продукта и сокращает сроки хранения консервов. Для этих целей используют методы вакуумирования (экспаустирования) содержимого банок перед закаткой: тепловой (нагревание паром при 80...85 °С или в ИК-камерах), механический (с помощью вакуум-насоса) и комбинированный. Глубина вакуума при экспаустировании поддерживается на уровне  $(3,3...6,6) \cdot 10^4$  Па.

Для подавления жизнедеятельности микроорганизмов в процессе производства консервов их стерилизуют. Нагрев мяса при температуре 120 °С в течение 5 мин уничтожает практически все виды спор. Стерилизацию проводят острым насыщенным паром без противодавления (для консервов в жестяной таре объемом до 500 см<sup>3</sup>) и водой, подогреваемой паром, с противодавлением (для консервов в стеклянной таре и в жестяных банках больших объемов).

После стерилизации консервы поступают на «горячую» сортировку, охлаждение и упаковывание. Охлаждение отсортированных банок осуществляют в специальных помещениях, предназначенных одновременно для хранения консервов.

Готовые консервы должны отвечать следующим требованиям:

Показатели	Высший сорт	1-й сорт
Массовая доля мяса и жира, %, не менее:	56,5	54
в том числе жира, не менее при закладке жира-сырца	10,5	—
при закладке жира топленого	8	8
Содержание хлорида натрия, %	1,0...1,5	1,0...1,5

**Стадии технологического процесса.** Производство мясных консервов состоит из следующих основных стадий:

- подготовка мясного сырья (обвалка и жиловка);
- измельчение мясного сырья;
- перемешивание с ингредиентами и посол;
- фасование и укупоривание (закатка) банок;
- стерилизация консервов и проверка на герметичность;
- сортировка, охлаждение и хранение.

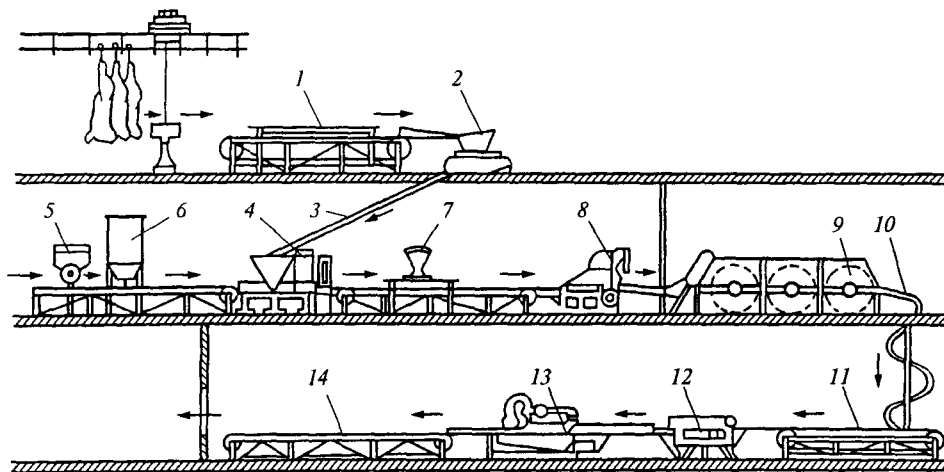


Рис. 3.15. Машинно-аппаратурная схема линии производства мясных консервов

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки мясного сырья, состоящего из камеры размораживания, установки по обвалке мяса и емкости для сбора жилованного мяса.

Следующим идет комплекс оборудования для измельчения мясного сырья, состоящий из мясорезательной машины и волчка.

Основным является комплекс оборудования для перемешивания и посола мясного сырья, состоящий из мешалки, куттера и установки для перемешивания рассола.

Одним из важнейших является комплекс оборудования для фасования и укупоривания банок, включающий в себя дозаторы, фасовочную машину, весовое устройство и закаточную машину.

Далее следует комплекс оборудования для стерилизации консервов, состоящий из укладчика и стерилизатора.

Завершающим является комплекс финишного оборудования линии, включающий сортировочный стол, этикетировочную машину, машину для смазки банок вазелином и упаковочный стол.

На рис. 3.15 показана машинно-аппаратурная схема линии производства мясных консервов.

**Устройство и принцип действия линии.** Мясное сырье, поступающее в замороженном состоянии, размораживают при определенных условиях и направляют на конвейер 1 для обвалки и жиловки. Здесь происходит отделение мышечной, соединительной и жировой тканей от костей, а также отделение хрящей, жира, сухожилий, косточек и кровеносных сосудов.

Жилованное мясо поступает в мясорезательную машину 2, где оно измельчается на отдельные кусочки. По лотку 3 куски мяса направляются в дозатор мяса 4, а с помощью дозаторов для соли и перца 5 и жира 6 в определенных пропорциях подводятся соответствующие ингредиенты. После их контрольного взвешивания на весах 7 заполненные всеми компонентами банки подводятся в вакуум-закаточную машину 8, в которой операцию закатки проводят в вакуумной камере при вакууме 58...66 кПа.

После закатки банки направляют в стерилизатор непрерывного действия 9, где консервы стерилизуют под давлением, превышающим давление насыщенных паров при температуре стерилизации 120 °С. С помощью лотка 10 прошедшие термообра-

ботку консервы поступают на стол сортировки 11 для обнаружения дефектов и негерметичности банок. После охлаждения на банки всех типов (за исключением литографированных) наклеивают бумажные этикетки с помощью этикетировочного автомата 12.

Консервы, предназначенные для дальнейшего хранения, во избежание коррозии покрывают антикоррозийной смазкой (техническим вазелином) на машине 13 для смазки банок и направляют на конвейерный стол 14. Банки, направленные непосредственно в реализацию, смазкой не покрывают.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Линии сборки компонентов из сельхозсырья представляют собой технологические линии вторичной переработки, в которых исходное сырье на переработку поступает в виде однородных по составу, размерам и текстуре пищевых сред.*

*2. Ведущими операциями процесса сборки пищевых продуктов из компонентов являются дозирование и смешивание рецептурных ингредиентов, а также их формование и упаковка.*

*3. Линии вторичной переработки сельхозсырья универсальны, на них можно изготавливать широкий ассортимент изделий, различающихся по составу и форме; номенклатура готовой продукции этих линий в течение технологического цикла однотипна.*

*4. Одно из приоритетных направлений развития линий может быть определено как создание машин и аппаратов, в которых процессы легко поддаются автоматизации и агрегатированию этого оборудования.*

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова принципиальная основа вторичной переработки сельхозсырья в технологических линиях?
2. Какие стадии технологического процесса составляют основу производства хлеба?
3. Какой комплекс оборудования является ведущим при производстве макаронных изделий?
4. Каковы особенности производства и потребления макаронных изделий?
5. Что является исходным сырьем в производстве затяжного печенья?
6. Какова характеристика готовой продукции, сырья и полуфабрикатов в производстве крекера?
7. Чем отличаются стадии технологического процесса в производстве вафель и затяжного печенья?
8. В чем различие ведущего и завершающего комплексов оборудования в производстве карамели?
9. В чем заключаются особенности производства в линии производства помадных конфет?
10. Каковы устройство и принцип действия линии производства варено-сушеных круп?
11. Какой комплекс оборудования является завершающим в линии вторичного виноделия?
12. Из каких комплексов оборудования состоит линия производства пива?
13. Каковы особенности производства и потребления пива?
14. Какие стадии технологического процесса обеспечивают качественное производство кваса?
15. Какой наиболее энергоемкий комплекс оборудования в линии производства газированных безалкогольных напитков.
16. Чем отличаются стадии технологического процесса при производстве водки периодическим и непрерывным способом?
17. Что является исходным сырьем в производстве наливок, настоек и ликеров?
18. Какова характеристика готовой продукции, сырья и полуфабрикатов при производстве вареных колбас?
19. Какие машины и аппараты входят в комплекс оборудования для формования колбасных изделий?
20. Какие технологические операции являются общими при производстве консервов различных видов?

## Глава 4

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ КОМБИНИРОВАННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

В линиях для комбинированной переработки комплексно используется разделение пищевых сред путем разборки сельхозсырья с последующей его сборкой для образования многокомпонентных пищевых сред. При этом на определенных стадиях технологического процесса выполняются операции соединения и формования пищевых сред.

#### 4.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КУКУРУЗНЫХ ХЛОПЬЕВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Продукты, получаемые из кукурузы и других зерновых, вырабатывают в виде хлопьев, взорванных зерен и палочек. Они полностью подготовлены к приему в пищу и не требуют никакой кулинарной обработки. В зависимости от цвета и формы зерна кукурузы делятся на девять типов. В пищевоконцентратной промышленности используется преимущественно кукуруза зубовидная желтая и белая, кремнистая желтая и белая.

Кукурузные хлопья вырабатывают из кукурузы или крупной кукурузной крупы, получаемой из зерна зубовидной, полузубовидной кремнистой типов кукурузы.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Выработка кукурузных хлопьев осуществляется на механизированных линиях, позволяющих переходить с производства одного вида крупы на другой.

Основными процессами этого производства являются очистка и мойка, увлажнение и отлежка кукурузной крупы, тепловая обработка (варка, сушка). При очистке и мойке происходит отделение примесей и удаление различных загрязнений. При варке происходят гидролитическое воздействие влаги на сухие компоненты смеси, необратимые изменения белково-углеводного комплекса. При сушке происходит удаление влаги и формирование таких изменений в составе и структуре крупы, которые определяют вкусовые и потребительские свойства готового продукта.

Использование пропаривания кукурузной крупы позволит лучше произвести плющение для придания крупинкам хлопьевидной формы. Одной из основных технологических стадий процесса является обжарка хлопьев.

Кукурузные хлопья выпускаются в законченном товарном и потребительском виде. Срок их хранения в специальной упаковке составляет около одного года, поэтому их производство организуют в местах непосредственного выращивания крупяных культур и зернобобовых. Для транспортирования их укладывают в картонные коробки, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство кукурузных хлопьев включает в себя следующие стадии:

- подготовка сырья к производству: хранение, очистка от примесей, калибровка;
- мойка;
- увлажнение и отлежка кукурузной крупы;
- приготовление сахарно-солевого сиропа;
- тепловая обработка (варка) крупы;
- разрыхление и охлаждение вареной крупы;
- сушка вареной крупы;
- темперирование;
- пропаривание и плющение крупы в хлопья;
- обжарка хлопьев;
- нанесение добавок;
- инспектирование, сортирование и охлаждение;
- фасование в пакеты; упаковывание в транспортную тару, складирование и хранение готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства кукурузных хлопьев выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству крупы, воды, сахара, соли, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют металлические и железобетонные емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование крупы погрузчиками, нориями, цепными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспортирования крупы. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовка сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных улавливателей, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из варочных аппаратов, испарительных чаш, сушилок, специальных бункеров для темперирования крупы. В состав этого комплекса входят дозаторы крупы, воды и жидких полуфабрикатов, смесильные установки, варочные и сушильные агрегаты.

Следующий комплекс линии включает оборудование для пропаривания, плющения, обжарки хлопьев, дозирования и смешивания рецептурных компонентов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит расфасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Производство кукурузных хлопьев осуществляют по схеме, представленной на рис. 4.1.

**Устройство и принцип действия линии.** Поступившую в цех кукурузную крупу очищают от случайных примесей и мучели на зерновом сепараторе 1.

На сепараторе устанавливают металлические штампованные сита: приемное — с отверстиями диаметром 10 мм; сортировочное — с отверстиями диаметром 5 мм для отделения примесей крупнее крупы; разгрузочное — с отверстиями диаметром 2 мм для отделения примесей мельче крупы. Двукратной аспирацией при поступлении продукта на сита и при выходе его из машины удаляют легкие примеси (мучель и пр.). С помощью постоянных магнитов освобождают крупу от ферропримесей.

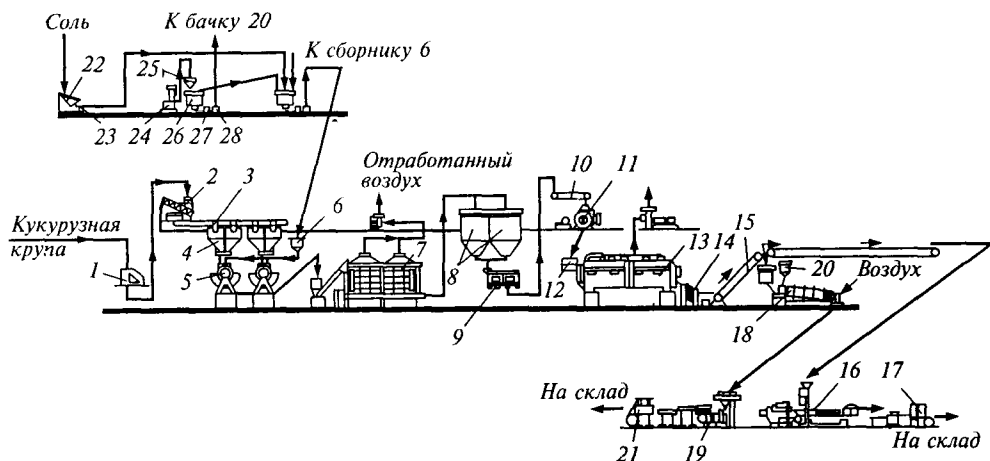


Рис. 4.1. Машинно-аппаратурная схема линии производства кукурузных хлопьев

Очищенную крупу моют на моечной машине 2 теплой водой с температурой 40...45 °С. При мойке удается освободиться от мучели, которая накопилась в крупе при транспортировании и не была отделена при очистке ее на зерновом сепараторе 1. При мойке влажность крупы повышается до 22...25 %. Промытую крупу пропаривают паром под давлением 0,15 МПа в шнековом пропаривателе 3 в течение 2...3 мин и затем передают в бункера 4 для отлежки в течение 1...4 ч. В процессе мойки, увлажнения, а затем отлежки происходит набухание крахмальных зерен и белковых веществ крупы. Это в дальнейшем, при варке крупы, способствует более полной клейстеризации крахмала и денатурации белков.

Кондиционированная крупа поступает в варочный аппарат 5, куда одновременно через сборник-мерник 6 заливают сахарно-солевой раствор. Сахарный сироп для варки и приготовления глазури готовят на установке, оборудованной вибрационным ситом для просеивания соли 22, мерником для соли 23, просеивателем для сахара 24, объемным дозатором для воды 25, диссатором 26, фильтрами для раствора 27 и насосами 28. Сироп для варки кукурузной крупы состоит из сахарного песка, соли и воды. Обычно сироп готовят на одну варку (800 кг крупы влажностью 15 %). В этом случае берут 39,6 кг сахарного песка, 19,8 кг соли и 150...160 кг воды. Приготавливают сироп в диссаторе 26, куда подают предварительно просеянные сахар и соль и заливают воду. Раствор доводят до кипения, фильтруют и насосом 28 перекачивают в сборник-мерник 6 варочного отделения. Варка кукурузной крупы в сахарно-солевом растворе продолжается 2 ч с момента достижения давления в аппарате 0,15 МПа до влажности 27...30 %. В результате варки пищевые вещества крупы претерпевают большие изменения. Крахмал клейстеризуется и частично декстринируется. Клейстеризация происходит со значительным поглощением крахмалом воды и приводит к значительному увеличению в крупе растворимых веществ. Белковые вещества коагулируют, выделяя при этом влагу. Коагуляция белковых веществ повышает их усвояемость организмом человека.



Крупа в процессе варки приобретает светло-коричневый оттенок. Степень окрашивания крупы зависит от присутствия в ней меланоидиновых оснований, которые образуются вследствие реакции между моносахарами и аминокислотами крупы. По окончании варки, после спуска из варочного аппарата пара, крупу выгружают на испарительную чашу до достижения влажности 25...28 %, откуда скребковым механизмом, который разбивает образовавшиеся комья, ее направляют в лоток, соединенный с транспортером сушилки 7. Температуру теплоносителя при сушке кукурузной крупы устанавливают равной 80...85 °С. Кукурузную крупу для хлопьев сушат до содержания влаги 18 %.

При использовании ленточных сушилок крупу охлаждают на последней ленте, подавая под нее холодный воздух.

Высушенную и охлажденную кукурузную крупу подвергают темперированию (отлежке) в специальных темперирующих бункерах 8 в течение 6...8 ч для крупы из зубовидной и полужубовидной кукурузы, 10...12 ч — для кремнистой кукурузы.

После отлежки крупу просеивают на бурате 9, отбирая образовавшиеся комочки, которые дробят и присоединяют к просеянной крупе. После этого крупу подогревают и увлажняют паром под давлением 1 кПа в шнековом пропаривателе 10 до содержания влаги 20...22 %. Если крупа поступает на плющение с меньшим содержанием влаги, то получается много крошки и мучели, крупа с большей влажностью замазывает валки и хлопья рвутся. Пропаренную крупу плющат на тонкие лепестки на плющильном станке 11. Толщина лепестков регулируется шириной щели между валками. Продукция лучшего качества получается при обжаривании сырых хлопьев толщиной 0,25...0,4 мм.

Расплющенная крупа из плющилки 11 поступает на сито 12 для отделения мелочи, нижняя часть которой состоит из двойного дна. Верхнее дно изготовлено из штампованного сита с отверстиями диаметром 6 мм, мелочь проходит через него и ссыпается по нижнему дну в ящик для отходов. После отделения мелочи хлопья поступают на обжарку.

Хлопья обжаривают в газовой печи 13 при температуре 200...250 °С в течение 2...3 мин. Влажность обжаренных хлопьев 3,0...5,0 %.

Полученные хлопья сортируют на вибрационном сите 14, охлаждают и инспектируют на транспортере 15, расфасовывают на автомате 16. Готовые коробки с кукурузными хлопьями завертывают в пачки из крафт-бумаги на автомате 17.

При выработке хлопьев, глазированных сахаром, их после охлаждения и сортировки на вибрационном сите 14 направляют в аппарат 18 для нанесения глазури. В аппарате хлопья обливают сахарным сиропом, поступающим из бачка 20.

Сахарную глазурь для нанесения на кукурузные хлопья также готовят в диссудаторе 26. В диссудатор заливают воду, добавляют предварительно просеянный сахар — на 7,5 части сахара 9,5 части воды. Раствор доводят до кипения и кипятят до содержания в нем сахара 74...76 %, в конце варки добавляют ванилин. Приготовленный раствор фильтруют и перекачивают в сборник 20. Так как сироп должен все время иметь температуру 80...85 °С, внутри сборника монтируют змеевики для пара, с помощью которого поддерживают нужную температуру.

Глазированные хлопья при выходе из барабана аппарата 18 охлаждают потоком холодного воздуха и просеивают, а затем передают на фасовочную машину 19. Готовые коробки упаковывают в пачки на машине 21.

## 4.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОВСЯНЫХ ХЛОПЬЕВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Овсяные хлопья «Геркулес» представляют собой овсяную крупу, очищенную от примесей, пропаренную и расплющенную в хлопья.

По пищевой ценности овсяные хлопья превосходят многие крупяные. Белки овса содержат все незаменимые аминокислоты, которые человеческий организм не может синтезировать сам и должен получать с пищей. Углеводы овсяного ядра в основном представлены крахмалом, зерна которого в отличие от других видов крахмала очень мелкие, имеющие веретенообразную форму, хорошо усваиваются организмом человека.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Различают две технологические схемы производства овсяных хлопьев «Геркулес» в зависимости от применяемого сырья: полную, если в качестве исходного сырья используют овес, и сокращенную, если в качестве сырья применяют овсяную крупу.

Основными процессами этого производства являются подготовка сырья, пропаривание и отлежка, плющение, просеивание, охлаждение и упаковывание. При подготовке сырья происходит сепарация зерна, т.е. отделение металлопримесей, отделение свободных цветочных пленок и необрушенных зерен. При пропаривании и отлежке происходит гидротермическое воздействие влаги на сухие компоненты продукта, приводящие к изменениям белково-углеводного комплекса.

При плющении формируется структура продукта, которая определяет его товарный вид. Просеянные и охлажденные хлопья фасуют в тару.

Для транспортирования их укладывают в картонные коробки, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство овсяных хлопьев «Геркулес» состоит из следующих основных операций:

- подготовка сырья (сепарация и отделение металлопримесей, подсушка, отделение свободных цветочных пленок и необрушенных зерен);
- пропаривание;
- отлежка крупы;
- плющение;
- просеивание и охлаждение хлопьев;
- фасование и упаковывание.

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства овсяных хлопьев «Геркулес» выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, очистки, сепарации и транспортирования сырья. Приемку сырья осуществляют при помощи весов, сепараторов и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из пропаривателей, temperирующих сборников, плющилок, оборудования для просеивания и охлаждения хлопьев.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Машинно-аппаратурная схема линии производства овсяных хлопьев «Геркулес» из крупы приведена на рис. 4.2.

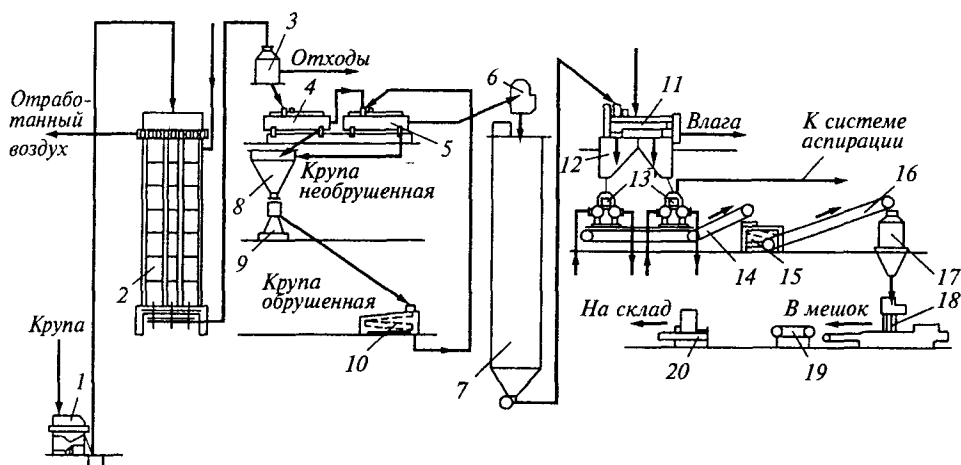


Рис. 4.2. Машинно-аппаратурная схема линии производства овсяных хлопьев «Геркулес»

**Устройство и принцип действия линии.** Поступающую в цех овсяную крупу направляют на зерновой сепаратор 1 для очистки от посторонних примесей, в том числе от ферропримесей, и отделения мелкой крупы и дробленки. На сепараторе устанавливают металлические штампованные сита с отверстиями следующих размеров (в мм): приемное сито —  $4 \times 20$ , сортировочное сито —  $2,5 \times 20$ , подсевное сито —  $1,3 \times 15$ . Очищенную крупу подсушивают в сушилке 2 до содержания влаги не более 10%.

Подсушенную крупу пропускают через дуаспиратор 3 для отделения лузги и обрабатывают на крупотделительных машинах (рабочей 4 и контрольной 5) для отделения необрушенных зерен и зерновой примеси.

Обрушенную крупу вторично обрабатывают на дуаспираторе 6 и резервируют в бункере 7. Необрушенная крупа поступает в бункер 8, ее можно обрабатывать на шелушильном поставе 9 для снятия оболочки и в дальнейшем очищать вторично на крупотделительной машине 10, после чего соединять с основной массой.

Подработанную крупу пропаривают в шнековом пропаривателе 11 в течение 2...3 мин при давлении пара 0,2...0,3 МПа до влажности не более 14%. Пропаренная крупа темперируется в бункере 12 в течение 25...30 мин, после чего поступает на плющильные станки 13 с гладкими валками и с отношением скоростей 1 : 1, где плющат в хлопья толщиной не более 0,5 мм.

Полученные хлопья ленточными транспортерами 14 подают на сортировочное сито 15 с диаметром ячеек от 8 до 12 мм, где от них отделяется мелочь. Затем хлопья ленточными транспортерами 16 передаются в аспирационную колонку 17 для отделения лузги. Одновременно они охлаждаются и подсушиваются до влажности 12%. Затем овсяные хлопья фасуются на машине 18 в картонные коробки по 0,5 или 1 кг. Коробки штабелируют на устройстве 19 и упаковывают в крафт-бумагу на машине 20.

### 4.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУШЕНОГО КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩЕЙ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** К перерабатываемым видам продукции относятся: картофель и овощи (горошек, зелень пряная, капуста белокочанная, коренья белые, лук, морковь, свекла, цикорий, чеснок).

Переработка свежего картофеля и овощей на пищевые концентраты позволяет сократить их потери при хранении, при этом более полно сохраняется их пищевая ценность, появляется возможность обогащения продуктов витаминами и другими пищевыми и вкусовыми компонентами, создаются условия для комплексной переработки сырья с полной утилизацией отходов.

Продукты из картофеля по кулинарному назначению и технологии производства подразделяют на:

- обезвоженные (сухое картофельное пюре, сушеный полуфабрикат для приготовления драников, оладьев, клецок, сушеный картофель и др.);
- обжаренные в масле (хрустящий картофель, соломка, хворост и др.);
- быстрозамороженные (гарнирный картофель, котлеты, биточки, вареники и др.);
- консервированные.

В зависимости от формы и величины частиц сухое картофельное пюре изготовляют в виде крупки, хлопьев и гранул.

Картофельная крупка — мелкозернистый продукт влажностью до 12 % и размером крупинок до 1 мм белого или светло-кремового цвета.

Картофельные хлопья — очень тонкие лепестки (толщиной 0,2...0,3 мм) белого или светло-кремового цвета размером не более 10 мм.

Картофельные гранулы представляют собой цилиндрики диаметром от 1 до 3 мм, длиной от 5 до 25 мм белого или светло-кремового цвета различных оттенков.

Хрустящий картофель — это продукт, получаемый путем обжаривания сырого очищенного и нарезанного в виде тонких ломтиков картофеля в растительном масле, нагретом до температуры 160...200 °С.

Жареный хрустящий картофель (чипсы) имеет золотистый цвет, обладает приятным вкусом, высокой калорийностью и питательностью. Калорийность 100 г жареного картофеля составляет 570 ккал. Он содержит: углеводы — 40...45 %; жиры — 35...40 %; белки — 3,8...4,2 %; минеральные вещества — 1,4 %; поваренную соль — 2 %; влагу — 2,5...3,0 %.

Гарнирный замороженный картофель представляет собой брусочки, обжаренные в масле или необжаренные, подвергнутые быстрому замораживанию. Перед употреблением гарнирный замороженный картофель обжаривают в масле, а обжаренный достаточно подогреть.

Поступившее сырье взвешивают и подвергают анализу по следующим показателям: внешний вид, запах и вкус, размер плодов, форма, цвет мякоти, массовая доля крахмала (для картофеля), внутреннее строение плодов (баклажаны), наличие повреждений, массовая доля растворимых сухих веществ в соке по рефрактометру.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** В настоящее время в пищеконцентратном производстве применяют несколько видов поточных линий, отличающихся по степени механизации. Выработка сушеных картофеля и овощей осуществляется на механизированных линиях, позволяющих переходить с производства одного вида продукта на другой.

Основными процессами этого производства являются мойка, инспектирование, калибрование, очистка, тепловая обработка (сульфитация — для картофеля), резка, бланширование, сушка. При очистке и мойке происходит отделение примесей и удаление различных загрязнений. При тепловой обработке происходят гидrolитическое воздействие влаги на сухие компоненты продукта и необратимые изменения белково-углеводного комплекса.

При сушке удаляется влага и формируются такие изменения в составе и структуре продукта, которые определяют его вкусовые и потребительские свойства. Сушеные картофель и овощи выпускают в законченном товарном и потребительском виде.

Для транспортирования их укладывают в картонные коробки, размещают на поддонах в несколько рядов и перевозят в специализированных железнодорожных вагонах или автомобилях.

**Стадии технологического процесса.** Производство сушеной моркови состоит из следующих основных операций:

- прием и хранение сырья;
- мойка;
- инспектирование;
- калибрование (при пароводотермическом способе очистки);
- очистка (паровым, пароводотермическим или щелочным способом);
- обработка раствором бисульфита натрия;
- доочистка;
- резка;
- бланширование (при паровом или щелочном способах очистки);
- сушка;
- инспектирование;
- упаковывание.

Производство сушеного картофеля состоит из следующих основных операций:

- прием и хранение сырья;
- мойка;
- инспектирование;
- калибрование;
- очистка (паровым, механическим, пароводотермическим или щелочным способом);
- сульфитация (при механическом, паровом и щелочном способах очистки);
- доочистка;
- резка;
- отсев мелочи и удаление с поверхности кусочков крахмала;
- бланширование (при механическом, паровом и щелочном способах очистки);
- сушка;
- инспектирование;
- упаковывание.

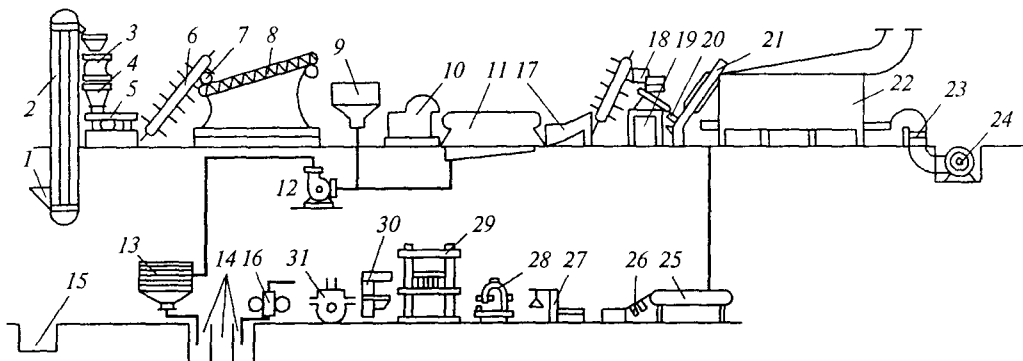


Рис. 4.3. Машинно-аппаратурная схема линии производства сушеного картофеля, моркови и свеклы с паровой очисткой сырья

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства сушеных картофеля и овощей выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству сырья, воды, соли, жира и других видов сырья. Для хранения сырья используют специальные хранилища, холодильные камеры, бурты, траншеи и т.д.

Подготовку сырья осуществляют при помощи моечных машин, инспекционных транспортеров и оборудования для очистки и выполнения вспомогательных операций.

Ведущий комплекс линии состоит из овощерезок, бланширователей, сушилок.

Следующий комплекс линии включает оборудование для дозирования и смешивания рецептурных компонентов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

На рис. 4.3 показана машинно-аппаратурная схема линии производства сушеного картофеля, моркови и свеклы с паровой очисткой сырья.

**Устройство и принцип действия линии.** Из овощехранилища картофель или корнеплоды по гидротранспортеру 1 поступает на ковшовый элеватор 2, а затем через промежуточный бункер на автоматические весы 3. Далее он направляется в бункер-накопитель 4, а из него в вибрационную моечную машину 5.

Мойка осуществляется в проточной воде до полного удаления загрязнений; соотношение воды и клубней 3 : 1. Вымытый картофель инспектируют, удаляя подгнившие и поврежденные клубни, и калибруют на три размера: мелкие — проход через отверстия размером 60x60 мм; средние — 70 × 70 мм; крупные — сход с машины.

Из вибрационной моечной машины 5 вымытый картофель поступает на скребковый транспортер 6, подающий его через турникеты 7 в паровую очистительную машину 8, где он обрабатывается паром при давлении 0,40...0,50 МПа в течение 45...75 с (морковь при давлении 0,30...0,35 МПа в течение 40...50 с и свекла при давлении 0,30...0,35 МПа в течение 90 с). После этого картофель поступает в барабанную моечно-очистительную машину 9, куда подается вода под давлением 0,3...0,5 МПа. Длительность выдерживания в ней овощей регулируется углом наклона барабана. Количество полностью очищенных овощей составляет 97...99%.

Очищенный картофель из барабанной моечно-очистительной машины 9 поступает в сульфитатор 10, где обрабатывается 0,1 %-ным раствором бисульфита натрия в течение 1...2 мин, а затем высыпается на ленту конвейера доочистки 11 (очищенные морковь и свекла непосредственно поступают на доочистку), где вручную удаляют глазки, темные пятна, остатки кожицы и другие дефекты.

Отходы через решетки, установленные по обе стороны ленты конвейера 11, поступают в гидротранспортер, из которого насосом 12 откачиваются не только твердые очистки, но и жидкие отходы от барабанной моечной машины 9 на вращающийся решетчатый барабан 13. Здесь жидкие отходы насосом 16 подаются в три последовательно соединенных отстойника 14, а твердые очистки идут в расположенную рядом бетонную емкость 15 для использования на корм скоту.

С конвейера доочистки 11 картофель поступает в элеваторную моечную машину 17 и скребковым транспортером 6 загружается в бункер овощерезки 18. Резка осуществляется на столбики размерами не более  $3 \times 5 \times 10$  мм, кубики размером грани 9...12 мм, пластины размерами не более  $4 \times 12 \times 12$  мм. Под овощерезкой установлено вибрационное сито 19 с размером ячеек 4 мм, на котором нарезанный картофель промывается водой для удаления с его поверхности свободного крахмала.

Нарезанный продукт поступает на лоток 20, который равномерно распределяет его на ленте парового бланширователя 21. Бланшировка продукта осуществляется при температуре 95...98 °С в течение 4...6 мин. После бланширования продукт промывают холодной водой. Бланшированные овощи ссыпаются на ленту сушилки 22.

Подготовленный картофель, поступающий на первую сушильную ленту, должен распределиться по всей ее ширине слоем одинаковой толщины.

Поступающее на верхнюю ленту подготовленное сырье переносится при ее движении в другой конец сушилки, где пересыпается на вторую ленту. Со второй ленты оно поступает на третью, а затем на четвертую и пятую ленты. Сходом с пятой ленты получается готовый сушеный продукт. Режимы сушки картофеля приведены в табл. 4.1.

Для обеспечения максимальной температуры воздуха над лентами давление пара у входа в калориферы 23 должно быть в пределах 0,4...0,6 МПа. Воздух в калорифер 23 нагнетается вентилятором 24.

Высушенный картофель (овощи) из сушилки 22 поступает на ленточный сортировочный транспортер 25, где производится инспекция и сортировка сушеного продукта.

Отсортированные овощи, ссыпаясь с транспортера, проходят магнитное загрязнение 26, весы 27 и фасуются россыпью в крафт-мешки, которые зашивают на машине 28.

Отсортированный картофель (овощи) может поступать и на брикетирование. Брикетируют сушеные овощи на гидравлических прессах 29. Брикететы фасуют в металлические банки. Затем банки закатывают на закаточной машине 30 и для предотвращения коррозии жести смазывают в ванне 31 техническим вазелином, подогретым до температуры 135 °С.

Таблица 4.1. Режим сушки картофеля

Показатели	Влажность готового продукта, %					
	не более 12		не более 8		от 12 до 8	
	столбики	кубки 8×8×8	столбики	столбики	столбики	кубки 8×8×8
Производительность, кг/мин	10,5	10,0	15,4	10,5	10,5	2...3
Нагрузка на поверхность первой ленты, Н/м <sup>2</sup>	16,5	15,1	22,0	16,5	16,5	3...5
Скорость движения лент, м/мин:						
первой	0,31	0,33	0,35	0,31	0,31	0,33
второй	0,24	0,20	0,30	0,18	0,18	0,20
третьей	0,16	0,18	0,31	0,13	0,13	0,18
четвертой	0,12	0,13	0,23	0,12	0,12	0,13
пятой	—	—	0,20	0,12	0,12	—
Температура воздуха под лентами, °С:						
первой	60	57	60	70	70	52
второй	65	70	70	75	75	55
третьей	60	65	80	60	60	50
четвертой	55	47	70	50	50	50
пятой	—	—	50	40	40	—
Продолжительность сушки, ч	3,5	3,5	3,0	5,0	5,0	3,5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	28 000	28 000	33 000	36 000	36 000	28 000



#### 4.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖАРЕНОГО И РАСТВОРИМОГО КОФЕ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Основным сырьем для производства кофе являются в основном два вида, получивших наибольшее распространение: Аравийский (*C. Arabica*) и Робуста (*Canephora*). Они представляют собой зерна средние по размеру, неоднородные по величине и окраске, несколько удлинённые и слегка вздутые, плоской и округлой формы. Их цвет может быть различен: от светло-желтого с зеленоватым оттенком до синевато-зеленого с серым оттенком.

Кроме кофе для приготовления кофейных напитков используют следующие виды сырья: цикорий сушеный, ячмень продовольственный и кормовой, рожь продовольственная, овес продовольственный и кормовой, соя, желуди дубовые сушеные и каштаны, орехи арахис, буковые и кедровые, шиповник, ванилин, корица, яблоки, груши сушеные и др.

Кофепродукты делят на четыре основные группы: кофе натуральный жареный, кофе натуральный растворимый, кофейные напитки нерастворимые, кофейные напитки растворимые.

Кофе жареный представляет собой продукт, полученный обжариванием кофейных зерен. Такая обжарка перед применением кофе в пищу оправдывает себя, так как в свежееобжаренном кофе полнее выражен аромат. Аромат кофе обусловлен комплексом эфирных масел и других летучих соединений, образующихся во время обжаривания.

Растворимый кофе представляет собой продукт, полученный из кофейных зерен в результате их обжаривания, дробления, экстрагирования водой и сушки полученного экстракта.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Кофе натуральный жареный и растворимый получают по непрерывной поточной технологической схеме. Одной из важнейших технологических операций при производстве жареного натурального кофе является обжарка, от режима проведения которой зависят качественные показатели готовой продукции, являющиеся результатом биохимических, физических и коллоидно-химических изменений.

Важными технологическими операциями при производстве растворимого натурального кофе являются экстракция и сушка экстракта, от режима проведения которых зависят качественные показатели готовой продукции.

**Стадии технологического процесса.** Производство жареного натурального кофе состоит из следующих основных операций:

- прием и сепарация сырья;
- обжаривание;
- размол (при изготовлении молотого кофе);
- просеивание обжаренного полуфабриката;
- смешивание компонентов;
- упаковывание.

Производство растворимого натурального кофе состоит из следующих основных операций:

- прием и сепарация сырья;
- обжаривание;
- грануляция обжаренного кофе;
- экстракция;
- сушка экстракта;
- упаковывание и маркирование.

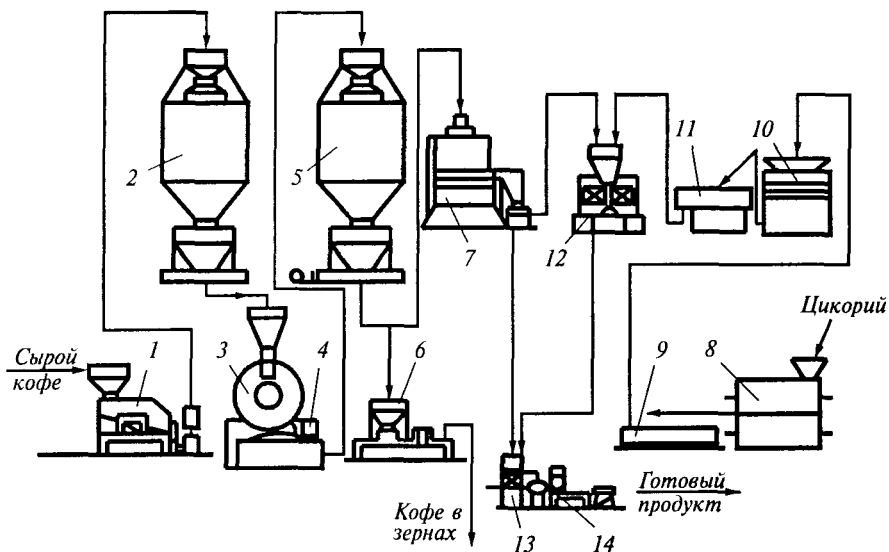


Рис. 4.4. Машинно-аппаратурная схема линии производства жареного кофе

**Характеристика комплексов оборудования.** Начальные стадии технологического процесса производства кофепродуктов выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству кофе.

Для хранения сырого кофе используют бункеры. На небольших предприятиях для транспортирования зерен кофе применяют погрузчики, норрии, цепные и винтовые конвейеры. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта крупы.

Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, сепараторов, магнитных улавливателей и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из обжарочных аппаратов, испарительных чаш, грануляторов и просеивателей.

Завершающий комплекс оборудования линии включает смесительно-дозировочные станции для дозирования и смешивания рецептурных компонентов, фасовочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Кофе жареный вырабатывают по технологической схеме, представленной на рис. 4.4.

**Устройство и принцип действия линии.** Каждый вид кофе-сырья отдельно засыпают из мешков в бункер, подают ковшом элеватором на автоматические весы, взвешивают и нагнетают пневмотранспортером низкого давления в вибрационный сепаратор 1, отделяющий примеси путем аспирации, просеивания и пропуска через магниты. Легкие примеси (пыль) отбираются вентилятором и осаждаются в съемных бочках циклонов. Сепаратор 1 снабжен штампованными металлическими ситами с отверстиями следующих размеров (в мм): ловушка с овальными ячейками  $9 \times 16$  или  $13 \times 16$ , сортировочное (проходное с ромбическими ячейками)  $10 \times 17$ , сходовое проволочное сито с квадратными ячейками  $2 \times 6$  или  $1,5 \times 20$ .

Сырой кофе из сепаратора поступает в систему пневмоконвейера высокого давления и транспортируется потоком очищенного воздуха через распределитель в четырех- или шестисекционный бункер 2. Загрузка секций бункера фиксируется датчиком.

Перед сепарацией следующего вида кофе предыдущий вид должен быть полностью загружен в соответствующую секцию. По окончании работы сепаратора убираются отходы из приемников и очищаются магниты.

Очищенные зерна кофе обжаривают в обжарочном барабане 3 и охлаждают в охладительных чашах 4.

Обжаривание каждого вида кофе, а также цикория производят отдельно. Режимы обжаривания кофе и цикория приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Режимы обжаривания кофе и цикория

Сырье	Аппарат	Масса загружаемого сырья, кг	Температура, °С	Продолжительность обжаривания, мин
Кофе натуральный	«Пробат»	240...300	180...215	14...20
	«Рапидо»	240	180...210	8...10
Цикорий	А-9ЖК-А	120...150	140...160	35...40
	«Линдгрениц»	120...150	155...160	30...40

Обжарка кофе является пирогенетическим процессом, в результате которого одни вещества разрушаются, другие создаются вновь. В кофейных зернах происходят значительные химические изменения. Зерна увеличиваются в объеме, масса их уменьшается в результате испарения влаги и разложения сахаров, клетчатки и других органических веществ зерен вследствие высокой температуры обжарки. Сахар, карамелизуясь, образует карамелен — вещество, придающее зернам кофе коричневую окраску. От степени обжаривания зависит количественное накопление карамелена, а следовательно, и интенсивность окраски зерен.

Клетчатка в результате высокой температуры подвергается сухой перегонке с образованием уксусной и других органических кислот и ацетона.

Разложению подвергаются и пентозаны, содержание их в кофе достигает 6...7 %. Разлагаясь, они образуют фурфурол и фурфуроловый спирт.

Жир кофе, состоящий в основном из олеиновой кислоты, которого содержится в зернах 10...13 %, при обжаривании изменяется мало; количество его несколько уменьшается из-за частичного разложения с образованием акролеина.

Белковые вещества кофе, которых содержится 9...11 %, под действием высокой температуры обжаривания также претерпевают изменения, образуя аммиак, амины, пиррол и т. п. Все вещества, выделяющиеся из сложных органических соединений кофейных зерен, под воздействием высокой температуры вступают между собой в реакции, образуя новые соединения, которые и обуславливают аромат ценного кофе. Этот комплекс соединений носит общее название кофеоль.

Равномерное обжаривание сырья является важным фактором получения продукта с хорошим вкусом, цветом и ароматом. Режимы обжаривания регулируют, и оптимальную степень обжаренного полуфабриката устанавливают по достижению обжаренным кофе рН 4,0...5,6, цикорием — 4,6...4,8.

Незаметно до окончания обжаривания кофе увлажняют до 4 %, для чего внутри барабана специальным устройством распыляется вода. Количество воды для увлажнения кофе составляет 8...10 % от массы загружаемого сырья.

Увлажнение кофе после обжаривания непосредственно в обжарочном барабане, осуществляемое также автоматически по заданной программе, преследует цель — повысить влажность продукта для более быстрого охлаждения, предотвращения сгорания мелкой фракции и уменьшения пылевидной фракции при последующем размоле.

Охлажденные зерна кофе собирают в бункере 5 по секциям в зависимости от сорта и вида.

Зерна кофе в целом виде фасуют в пакеты или жестяные банки на машинах 6. Для изготовления молотого кофе обжаренные зерна размалывают на грануляторе 7 по видам кофе или в виде смесей, дозированных по рецептурам.

Гранулятор 7 состоит из пяти валков, три из которых предварительно измельчают кофе, а два доводят частицы продукта до требуемых размеров.

Поступающий в производство сушеный цикорий инспектируют и обжаривают в обжарочных аппаратах 8, охлаждая в охлаждающих барабанах этих же аппаратов, затем инспектируют на ленточном транспортере 9, размалывают на вальцовом станке 10 и рассеивают на рассеве 11. Продукты помола кофе и цикория смешивают в соотношении 4 : 1 в смесителе 12. Смесь фасуется на машине 13. Если выпускают кофе без цикория, его после гранулятора сразу направляют на расфасовочный автомат 13. Фасованный в пакеты или банки кофе упаковывают в коробки на машине 14.

Машинно-аппаратурная схема линии производства растворимого кофе представлена на рис. 4.5.

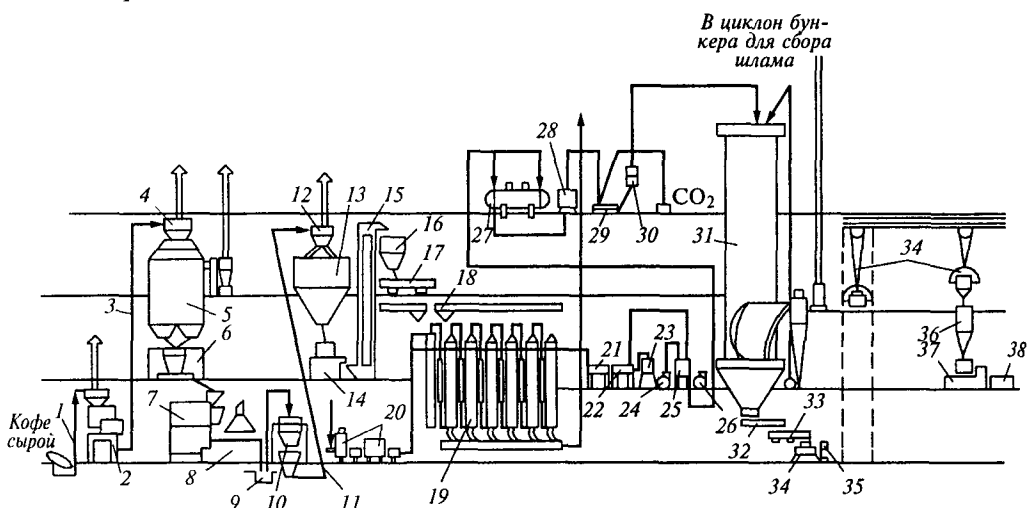


Рис. 4.5. Машинно-аппаратурная схема линии производства растворимого кофе

**Устройство и принцип действия линии.** Каждая партия сырых зерен кофе взвешивается на автоматических весах порциями по 20 кг и пневмотранспортером 1 низкого давления подается в вибрационный сепаратор 2, отделяющий посторонние примеси путем аспирации, просеивания и пропусканием через магниты, при этом кофе обрабатывают отдельно по видам и сортам. Затем зерна пневмотранспортером 3 высокого давления через циклон-разгрузитель 4 направляют в четырех- и шести-секционный бункер 5 для хранения различных видов и сортов кофе. Оттуда зерна кофе поступают на весы 6, которые могут отвешивать кофе, поступающий из разных секций бункера, и далее — в обжарочный барабан 7.

Продолжительность обжаривания одной порции кофе (240...300 кг) составляет 13...18 мин при температуре 180...215 °С в аппарате типа «Пробат». Обжаренный кофе увлажняют непосредственно в обжарочном барабане, доводя влажность до 5...7 %, чтобы избежать образования мелких частиц при размоле. Для этого к концу обжаривания в барабан в течение 50 с подают 20 л воды и закрывают выход дымовым газом. Это уменьшает дезодорацию кофе и снижает потери ароматических веществ. Кислотность обжаренного кофе должна составлять 5,2...5,4 рН, а содержание экстрактивных веществ для кофе I сорта не менее 25 %, для кофе II сорта — 27,5 %. Затем обжаренный кофе охлаждают в охлаждающей чаше 8 и через камнеотборник 9 и весы 10 пневмотранспортером высокого давления 11 направляют с разгрузкой в циклоне-осадителе 12 в бункер 13, предназначенный для хранения жареного кофе. Отсюда обжаренные зерна поступают на гранулятор 14, где их дробят, превращая в крупку.

Важное значение имеет размер гранул измельченных зерен. Известно, что скорость процесса экстракции обратно пропорциональна размеру частиц, она уменьшается при их увеличении, поэтому выгодно иметь как можно более мелкие частицы продукта, подвергаемого экстракции. Но значительное уменьшение размера частиц приводит к ухудшению смачиваемости и условий фильтрации экстракта. Оптимальный размер частиц измельченных зерен зависит от типа экстракционного оборудования. При работе на экстракционных батареях фирмы «Ниро Атомайзер» принят размер гранул 1...2 мм.

Крупку (гранулированный кофе) ковшовым элеватором 15 загружают в бункер 16, а оттуда вибротранспортером 17 через передвижные весы 18 в экстракторы экстракционной батареи 19, где с целью получения экстракта кофе обрабатывают горячей водой, предварительно умягченной на установке 20, которая состоит из ионизирующего бака и сатуратора. Для очистки воду обрабатывают поваренной солью. Жесткость воды после обработки солью не должна быть более 0,35 мг-экв/л. Экстракционная установка 19 представляет собой агрегат, состоящий из шести экстракторов со съемными трубчатыми фильтрами, имеющими отверстия диаметром 1,0...1,5 мм, шести промежуточных теплообменников со змеевиками, в которых проходит экстракт, обогреваемый снаружи паром, одного водонагревателя для нагрева воды, поступающей в батареи. Полный цикл экстракции длится 7...8 ч. За это время через каждый экстрактор проходит 3500...4000 л воды. В экстракторы закладывают по 165 кг гранулированного кофе. Соотношение кофе и воды в экстракторе таким образом составляет 1 : 20...1 : 25, что является оптимальным. Температура и давление экстракции указаны в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Режим экстракции растворимого кофе

Показатель	Число работающих экстракторов					
	1	2	3	4	5	6
Первый экстрактор:						Разгрузка-загрузка
температура, °С	70...80	105...110	120...140	150...160	170...180	
давление, МПа	0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5	
Второй экстрактор:	Загрузка					
температура, °С		70...80	105...110	120...140	150...160	170...180
давление, МПа		0	0,3	0,6	0,9	1,2...1,5
Третий экстрактор:		Загрузка				
температура, °С			70...80	105...110	120...140	150...160
давление, МПа			0	0,3	0,6	0,9
Четвертый экстрактор:			Загрузка			
температура, °С				70...80	105...110	120...140
давление, МПа				0	0,3	0,6
Пятый экстрактор:				Загрузка		
температура, °С					70...80	
давление, МПа					0	105...110
Шестой экстрактор:					Загрузка	
температура, °С						0
давление, МПа						0,3
Седьмой экстрактор:						70...80
температура, °С						0
давление, МПа						

Экстракт из батареи отбирают с содержанием 27...28 % сухих веществ. Полученный экстракт через пластинчатый фильтр 21 и охладитель 22 перекачивают в смешительный бак 23, где смешивают с порошком растворимого кофе, доводя содержание сухих веществ в продукте до 30 %. Из бака насосом 24 перекачивают экстракт кофе в сборник-весы 25, а оттуда насосом 26 в танк-накопитель 27.

Далее экстракт профильтровывают через фильтр 28 и питательным насосом 29 высокого давления через ресивер 30 подают в сушильную башню 31. Кофейный экстракт сушат на распылительной сушилке с форсуночным распылением продукта. Распыляемый в виде мельчайших капелек экстракт встречается с потоком горячего воздуха, подаваемого вверх вентилятором, и мгновенно высыхает. Температура воздуха на входе в сушильную башню 230...280 °С, на выходе из сушильной башни — не более 105...115 °С.

Полученный сухой экстракт кофе из сушильной башни выгружают на вибросито 32 и с него через виброохладитель 33 — в контейнер 34. Контейнеры взвешивают на весах 35. Контейнеры с порошком растворимого кофе подъемником подают к загрузочному бункеру 36 фасовочной машины 37. Готовый продукт фасуется по 100 или 50 г в жестяные банки. Для закатывания донышек у банок используют машину 38.

#### 4.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТОЧНОГО ШОКОЛАДА И КАКАО-ПОРОШКА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Шоколад представляет собой продукт переработки какао-бобов и сахара; какао-порошок получают из измельченных, частично обезжиренных какао-бобов. Кроме того, продукцией шоколадного производства может быть шоколадная глазурь.

В зависимости от состава и качества обработки шоколад разделяют на две группы: натуральный без добавлений и с добавлениями. Обе группы шоколада подразделяют на десертный и обыкновенный шоколад. Десертный шоколад отличается от обыкновенного большим содержанием какао-продуктов и меньшим содержанием сахара, а также более тонким измельчением.

Натуральный шоколад изготавливают из какао тертого, какао-масла и сахара. При производстве натурального шоколада на получение какао-масла расходуется примерно две трети какао-бобов и только одна треть направляется непосредственно в шоколадную массу в виде какао тертого. Поэтому важной проблемой шоколадного производства является экономия какао-масла путем введения в рецептуру различных добавлений.

К первому типу относятся крупные добавления, не содержащие свободного жира: ореховая крупка, частицы цукатов, высушенных фруктов и ягод. Крупные добавки не изменяют структурно-механических свойств шоколадной массы и могут добавляться в значительных количествах. С их помощью значительно снижается расход какао-бобов.

Добавления второго типа представляют собой поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые оказывают разжижающее действие, т.е. снижают вязкость шоколадной массы при отливке в формы. Обычно в качестве такой добавки используют соевый фосфатидный концентрат.

Третий тип добавлений в своем составе содержит свободный жир, который с какао-маслом дает жировую смесь. Физико-механические характеристики (температуры плавления и затвердевания, вязкость, предельное напряжение сдвига и др.) такой смеси отличаются от тех, которые имеет какао-масло. К таким добавкам относятся молочные продукты, ореховые и другие жиросодержащие массы, а также специальные жиры-эквиваленты и заменители какао-масла. Количество вводимых добавлений такого типа определяют после предварительного определения оптимальных физико-механических характеристик получаемых жировых смесей.

Применение добавлений второго и третьего типа позволяет экономить расход какао-масла при производстве шоколада.

Кроме вышеперечисленных добавлений в рецептурах шоколада предусмотрено применение ванилина и ароматизирующих эссенций.

В зависимости от способа формирования шоколад делится на плиточный, пористый и шоколад с начинками: пралиновыми, помадосливочными, фруктово-мармеладными и др.

Какао-порошок представляет собой тонко измельченный продукт, получаемый из частично обезжиренного какао тертого, и применяется для приготовления напитков. Какао-порошок вырабатывают из какао-жмыха, представляющего собой отход производства при получении какао-масла.

Шоколадная глазурь является разновидностью шоколада без добавлений, но с более высоким содержанием жира для увеличения текучести. Глазурь применяется для покрытия наружной поверхности корпусов конфет, вафель и других кондитерских изделий, а также мороженого.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Современное шоколадное производство в нашей стране оснащено в основном импортным оборудованием, обеспечивающим комплексную механизацию и автоматизацию технологических процессов. В кондитерской промышленности широко применяются комплексы оборудования для переработки какао-бобов и получения какао тертого, какао-масла и какао-порошка, для приготовления и обработки шоколадных масс, для формования и упаковывания плиточного шоколада, шоколадных батончиков с начинками, пустотелых шоколадных фигур, шоколадных изделий «Ассорти» и др. Эффективность работы шоколадного производства и качество выпускаемой продукции существенно зависят от степени морального и физического износа применяемого оборудования, а также качества исходного сырья.

Особенности производства шоколада связаны с условиями формования изделий методом отливки в формы. Для хорошего заполнения формы желательно иметь массу небольшой вязкости. Вязкость жидкой шоколадной массы зависит от доли какао-масла, температуры и в меньшей степени от доли какао тертого. Поскольку согласно унифицированной рецептуре доля какао-масла составляет 0,35, то его свойства в основном определяют свойства шоколадной массы, а в дальнейшем — и свойства готовых изделий.

Если шоколадную массу, получаемую при температуре 45...50 °С, охладить при обычной температуре 20...25 °С, то шоколад будет иметь грубый вкус, так как твердые частицы какао тертого и сахара, содержащиеся в шоколадной массе, в состоянии покоя собираются в крупные агрегаты, сцементированные какао-маслом. Кроме того, на поверхности такого шоколада постепенно образуется серый налет. Он производит впечатление плесени, хотя такой шоколад совершенно доброкачествен и безвреден.

Образование на поверхности шоколада серого налета вызывается кристаллами какао-масла и называется жировым поседением. Оно связано со способностью какао-масла к полиморфным превращениям, т.е. способностью при неизменном химическом составе приобретать различные кристаллические структуры, имеющие разные свойства. Возникновение жирового поседения связано с постепенным переходом неустойчивых (метастабильных) кристаллических структур в устойчивую стабильную структуру ( $\beta$ -форму). Кроме того, кристаллы  $\beta$ -формы какао-масла имеют самую плотную упаковку молекул, и поэтому твердение массы в эту кристаллическую структуру сопровождается уменьшением объема до 3 % по сравнению с жидким какао-маслом. Шоколадные плитки при затвердевании могут иметь усадку до 2,4 % своего объема и легко извлекаются из форм. При нарушениях правильной кристаллизации шоколадной массы плитки плохо отделяются от стенок форм и ломаются при выборке. Поэтому в производстве шоколада одной из важных операций является темперирование шоколадной массы, обеспечивающее оптимальный режим ее охлаждения для правильной кристаллизации какао-масла.

Качество шоколада определяется его пищевой ценностью, вкусовыми качествами и внешним видом изделий. Шоколад является высокопитательным продуктом, так как содержит 55...60 % углеводов, 30...38 % жира и 6...8 % белковых веществ. Немажущаяся поверхность и легкое «таяние» шоколада во рту при отсутствии салитности, твердость и хрупкость шоколадной плитки при комнатной температуре служат неотъемлемыми показателями качества шоколада, которые обусловлены свойствами какао-масла. По внешнему виду лицевая поверхность шоколадного изде-



лия при температуре 16...18 °С должна быть гладкой, слегка блестящей, с рисунком формы, без сероватого налета, пятен, раковин и пузырей. Излом должен быть матовым с однородной структурой.

Завертка шоколада должна защищать его поверхность от механических повреждений и увлажнения. Хранится упакованный шоколад без добавлений 6 мес при температуре  $18 \pm 3$  °С и относительной влажности воздуха не более 75%.

**Стадии технологического процесса.** Производство плиточного шоколада включает следующие стадии:

— первичная переработка какао-бобов для получения какао тертого: сортировка, очистка, термическая обработка и дробление какао-бобов и отделение какаовеллы; получение какао тертого;

— получение какао-масла и какао-порошка: обработка какао тертого; прессование какао тертого, размол и просеивание какао-порошка, фасование и упаковка какао-порошка;

— приготовление шоколадных масс: дозирование и смешивание рецептурных компонентов, измельчение рецептурной смеси, разводка и конширование шоколадных масс;

— формование шоколада: темперирование шоколадных масс, отливка в формы, охлаждение отлитых заготовок;

— завертка и упаковка шоколадных плиток.

**Характеристика комплексов оборудования.** Выполнение начальных стадий технологического процесса осуществляется при помощи комплекса оборудования для первичной переработки какао-бобов: дозаторы, машины для очистки, сортирования и просеивания какао-бобов, обжарочные аппараты, дробильно-очистительные машины для получения какао-крупки, мельницы, емкости и системы транспортирования сыпучих и жидких продуктов.

Комплекс оборудования для производства какао-масла и какао-порошка включает дозаторы, гидравлические прессы, зубовалковую мельницу, размольный агрегат, фасовочные машины и транспортирующие устройства.

Для приготовления шоколадных масс применяется комплекс оборудования, содержащий микромельницу для сахара, рецептурно-смесительную установку, пятиялковые мельницы, конш-машины, а также дозаторы компонентов, транспортирующие устройства и расходные емкости.

Ведущий комплекс оборудования линии обеспечивает формование шоколада и содержит темперирующую машину, отливочный агрегат, вибрационный конвейер и охлаждающий аппарат.

Завершающие операции производства выполняются машинами для индивидуальной и групповой упаковки шоколадных плиток.

На рис. 4.6 показана машинно-аппаратурная схема линии производства плиточного шоколада и какао-порошка.

**Устройство и принцип действия линии.** Какао-бобы выгружают из расходных бункеров 1 и передают конвейером 2 на взвешивание автоматическими весами 3. Далее через бункер-питатель 4 бобы поступают в очистительно-сортировочную машину 5. В ней какао-бобы очищаются от посторонних примесей и сортируются по размерам.

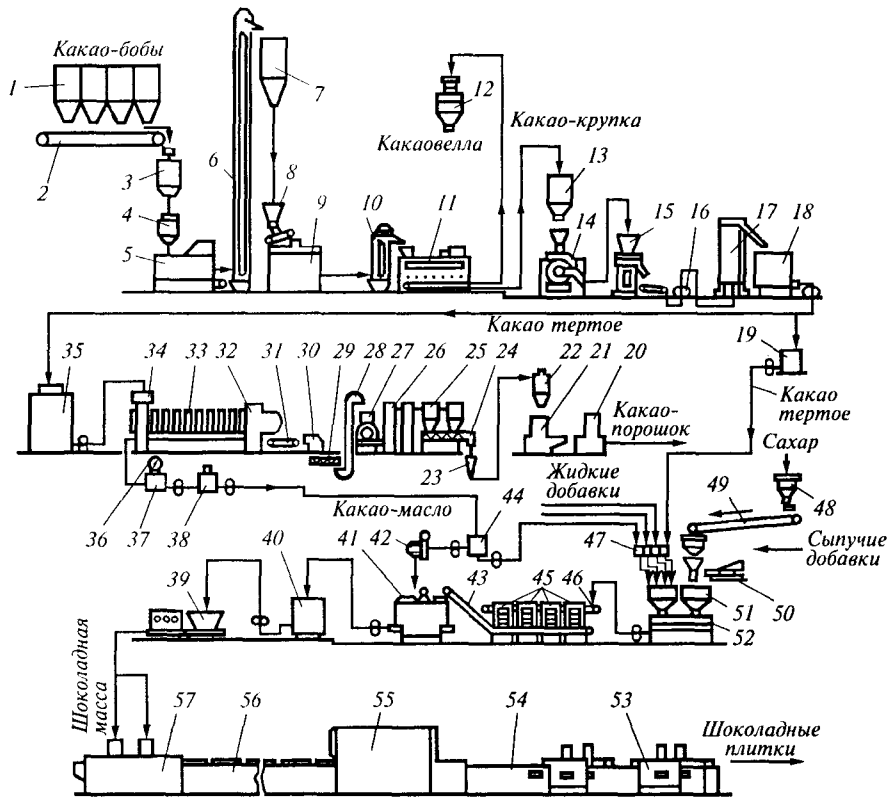


Рис. 4.6. Машинно-аппаратурная схема линии производства плиточного шоколада и какао-порошка

В зависимости от качества исходного сырья получают в среднем 97 % полноценных какао-бобов, до 2,7 % раздробленных и сдвоенных бобов, а также 0,3...1,0 % неиспользуемых отходов (крошка, песок, пыль и др.). Отсортированные какао-бобы выгружают из машины 5 через магнитный уловитель и норией 6 подают в промежуточный бункер 7 для передачи на термическую обработку. Дробленые и сдвоенные какао-бобы накапливают в отдельных бункерах, чтобы обеспечить в дальнейшем специальные режимы их термической обработки.

В обжарочный аппарат 9 какао-бобы подаются питателем 8 из бункера 7. Термическая обработка бобов заключается в их обжаривании горячим воздухом температурой 130...180 °С, но температура самих бобов должна быть не выше 125 °С. При таком температурном режиме влажность какао-бобов уменьшается от 6...8 до 2,5...3,0 %, увеличивается хрупкость ядра и оболочки (какаошелухи), отделяется какаошелуха от ядра. В результате обжаривания бобов появляются ароматообразующие вещества, удаляются неприятные летучие кислоты и происходят другие химические изменения, определяющие цвет, вкус и аромат какао-бобов. Обжаривание различных по размеру и форме какао-бобов и их частей требует разной продолжительности их обработки.

Обжаренные какао-бобы в аппарате 9 подвергаются быстрому охлаждению до температуры 25...30 °С, что увеличивает хрупкость бобов, снижает окисление какао-масла и препятствует диффузии масла в какаошеллу.

Далее бобы норией 10 загружаются в дробильно-очистительно-сортировочную машину 11, в которой они дробятся на кусочки размером от 0,75 до 8 мм. Дробленая смесь состоит из кусочков ядра — какао-крупки и какаошеллы. Дробленую смесь делят на ситах на несколько фракций для более полного отделения крупки от какаошеллы. Крупка и какаошелла одинакового размера имеют разную парусность, определяемую скоростью воздуха, при которой частицы витают. Поэтому в аспирационных каналах машины 11 при помощи воздушного потока от крупки отсепаруется какаошелла. Во фракциях с мелкими размерами крупки и какаошеллы парусности близки, поэтому полного разделения трудно достигнуть. В них менее полно отделяется какаошелла. Выход какао-крупки должен составлять не менее 87 % обжаренных какао-бобов.

Из машины 11 какаошелла поступает в циклон 12, после отделения от воздуха она выгружается в мешки и отправляется на утилизацию. Какао-крупка пневмотранспортером подается через магнитный сепаратор в расходный бункер 13. Из него крупку используют для производства какао тертого.

Клетки какао-бобов содержат какао-масло, белковые вещества и крахмальные зерна. Клетки имеют размеры в пределах 23...40 мкм, толщина стенок клеток 12 мкм. Получение какао тертого заключается в таком измельчении какао-крупки, чтобы разрушить клеточные стенки и высвободить содержащееся в клетках какао-масло.

Какао-крупка последовательно измельчается на трех мельницах: ударно-штифтовой 14, дисковой 15 и шариковой 17. В мельнице 14 крупка подвергается предварительному измельчению и поступает на истирание между дисками мельницы 15. В ней получается грубодисперсное какао тертое, которое насосом 16 нагнетается в шариковую мельницу 17 для тонкого измельчения. Готовая тертая масса собирается в темперирующем сборнике 18, из которого может перекачиваться насосом либо в сборник 35 для получения какао-масла и какао-порошка, либо в сборник 19 для производства шоколада.

Какао тертое, предназначенное для получения какао-масла, хранится в темперирующем сборнике 35 при температуре 85...90 °С в течение не менее 8 ч. В результате многочасового вымешивания и нагревания влажность какао тертого снижается до 1,5 %, уменьшается его вязкость и облегчается отделение какао-масла.

Из сборника 35 какао тертое насосом перекачивается в дозирующую емкость 34, из которой по трубопроводам с обратными клапанами какао тертое поступает в рабочие камеры 33 гидравлического пресса 32. Прессование ведут при температуре какао тертого 90...95 °С. Продолжительность прессования от 15 до 20 мин при повышении давления в конце прессования до 35...45 МПа. Если очень быстро сжимать какао тертое, то масло не успеет стечь через капилляры между твердыми частицами до их закупоривания и его выход уменьшается.

Из рабочих камер 33 масло выдавливается через фильтрующие элементы и трубопроводы в емкость 37 с весами 36. По показаниям весов судят о количестве отжатого масла и завершении цикла прессования. Затем какао-масло перекачивают в фильтр 38, а из него в сборник 44.

Твердый остаток, образующийся после прессования и называемый какао-жмыхом, представляет собой диски массой 8...10 кг, диаметром 450...550 мм и толщиной 40...45 мм, количество которых зависит от количества рабочих камер пресса. В жмы-

хе остается 10,5...17 % жира. При разгрузке пресса 32 диски из жмыха падают под пресс на ленточный конвейер 31, снабженный воздушным охлаждением. Он подает диски в жмыходробилку 30, в которой их дробят на куски размером с грецкий орех. Далее куски жмыха шнеком 29 и норией 28 подаются через магнитный сепаратор в штифтовую мельницу 27. При измельчении получается горячий порошок температурой до 110 °С, который воздухом подается в теплообменный аппарат 26, представляющий собой трубу в трубе со шнеком внутри. В кольцевом пространстве между трубами течет раствор хлорида кальция температурой 14 °С. В теплообменнике порошок охлаждается до 16 °С. Далее порошок отделяется от воздуха в циклоне 25 и шнеком 24 подается в классификатор 23, и после отделения в нем крупных частиц поступает в сборник 22. Из последнего какао-порошок поступает в машину 21 для фасования в картонные коробки, которые затем оклеиваются целлофаном в машине 20. Из нее коробки с какао-порошком транспортируются в экспедицию для упаковки в торговую тару и отправки потребителям.

Приготовление шоколадной массы начинается с формирования рецептурной смеси в соответствии с утвержденной рецептурой. Из темперирующих сборников жидкие компоненты (какао тертое, какао-масло и др.) насосами подаются в дозаторы 47 рецептурно-смесительной установки 52. В дозаторы 50 загружают сахар, сухое молоко и другие сыпучие компоненты. Сахар подается в виде предварительно приготовленной сахарной пудры с размерами частиц не более 80 мкм. Для этого сахар-песок из расходного бункера 48 транспортируется конвейером 49 в питатель мельницы 51 и после измельчения поступает в дозатор установки 52.

Загрузку компонентов в смеситель установки 52 при одновременном их перемешивании выполняют в такой последовательности: какао тертое, сахарная пудра и все добавки, подлежащие измельчению (сухое молоко, тертый орех, кофе и др.). Разогретое какао-масло подают постепенно, чтобы масса имела температуру 40...45 °С, а общее содержание жира составляло 24...30 %. В результате смешивания компонентов необходимо получить однородную массу температурой 35...45 °С с пластичной тестообразной консистенцией. Такая масса непрерывно поступает на конвейер 46 со стальной лентой и с помощью шибера распределяется на пятивалковые мельницы 45.

Количество параллельно установленных мельниц зависит от производительности смесителя и может достигать семи штук. Качество шоколада существенно зависит от степени измельчения рецептурной смеси: чем меньше размер твердых частиц, тем выше качество. Размер частиц не должен превышать 35 мкм, а шоколадная масса в зависимости от вида вырабатываемого шоколада должна содержать от 92 до 97 % частиц размером менее 20 мкм. Измельчение массы осуществляется путем растирания и раздавливания твердых частиц в зазоре между быстровращающимися валками, имеющими шлифованную твердую поверхность. Сопряженные валки вращаются с разными скоростями в противоположных направлениях. Степень измельчения массы зависит от величины зазора между сопряженными валками. Чем сильнее сжаты валки, тем лучше будет измельчен продукт, но с уменьшением зазора между валками снижается производительность мельницы. В процессе измельчения в мельнице 45 наблюдается изменение жидкой консистенции загружаемой рецептурной смеси в порошкообразный продукт. При измельчении увеличивается поверхность твердых частиц массы, поэтому введенного в рецептурную смесь какао-масла оказывается недостаточно для полного смачивания частиц, и масса приобретает сыпучесть.

Измельченная масса ссыпается на непрерывно движущийся конвейер 43 со стальной лентой, который направляет продукт на разведение, гомогенизацию и конширование в ротационную конш-машину 41. Процессы разведения шоколадной массы какао-маслом с добавлением поверхностно-активных веществ (ПАВ), гомогенизация и конширование шоколадных масс осуществляются одновременно.

Рабочие органы конш-машины: три гранитных конических ролика, совершающих планетарное движение по конусной гранитной внутренней поверхности емкости, а также лопастные мешалки и шнек подвергают шоколадную массу интенсивной механической обработке. Продолжительность вымешивания устанавливают в зависимости от типа применяемого оборудования и вида обрабатываемой массы. Например, в ротационной конш-машине масса для обычного молочного шоколада обрабатывается в течение 8 ч при температуре 45...55 °С, а для получения десертного шоколада без добавлений требуется 24 ч перемешивания при температуре 55...75 °С.

В процессе конширования происходит частичное удаление влаги и равномерное распределение масла между твердыми частицами, которые приобретают округлую форму. При измельчении твердых частиц увеличивается их поверхность и для поддержания необходимой вязкости шоколадной массы требуется периодически добавлять какао-масло при помощи дозатора 42. Обработанная масса становится однородной и приобретает пластичную консистенцию с минимальной постоянной вязкостью. Под влиянием продолжительного механического и теплового воздействия в шоколадной массе происходит ряд физико-химических и структурно-механических изменений, которые обуславливают существенное улучшение качества шоколада, повышая его вкусовые и ароматические достоинства.

Приготовленная шоколадная масса перекачивается на хранение в темперирующие сборники, а затем в темперирующие машины 40, в которых температура постепенно снижается до 40...45 °С. Готовую шоколадную массу, поступающую на формование, подвергают фильтрации для удаления посторонних примесей. Массу пропускают через металлические фильтры с диаметром ячеек 2 мм, установленные на входе в автоматическую машину 39 для темперирования шоколадных масс.

Темперирование шоколадной массы в машине 39 протекает непрерывно в очень тонком слое при весьма интенсивном перемешивании. Массу быстро охлаждают от 45...50 °С до 33 °С, а затем медленно снижают температуру до 30...32,5 °С (при выработке шоколада без добавлений) и выдерживают массу в этом температурном интервале, не прекращая интенсивного перемешивания. Вследствие большой вязкости и значительной массы молекулы какао-масла имеют малую скорость, что затрудняет создание центров кристаллизации. При таком режиме создаются оптимальные условия для равномерного образования центров кристаллизации только устойчивой  $\beta$ -формы масла-какао и исключается жировое поседение шоколада.

Оттемперированная шоколадная масса подается в агрегат для формования плиточного шоколада, состоящий из отливочной машины 57, цепного конвейера с формами и охлаждающего аппарата 55. Отливочная машина имеет две дозировочные головки, которые при помощи поршневых систем дозируют определенные порции шоколадной массы в жесткие формы. Например, первая по ходу технологического процесса дозировочная головка настроена на порцию массы 50 г, а вторая — 100 г. При этом составы шоколадных масс, подаваемых в головки, тоже могут быть различными. Производительность дозировочной головки до 24 форм/мин регулируется бесступенчато.

При формировании шоколада используют преимущественно металлические формы. Их изготавливают из специальной нержавеющей стали (сталита) или малоуглеродистой мягкой стали, покрытой с рабочей стороны тонким слоем чистого никеля (платиноля). Формы и все их ячейки должны иметь блестящую и гладкую, хорошо отшлифованную и отполированную, совершенно чистую рабочую поверхность. Формы шарнирно закреплены на цепном конвейере длиной около 200 м, их можно легко снять или поставить на конвейер в месте поворота конвейера перед дозировочной головкой. При изготовлении шоколадных плиток разной массы и состава формы устанавливаются на конвейере поочередно через одну для каждого вида изделий.

Формование шоколадных плиток происходит следующим образом. Темперированная шоколадная масса дозировочными головками заливается в формы, предварительно подогретые до температуры 30...32 °С. Заполненные формы поступают в зону вибрационной обработки 56. Их принудительно перемещают цепным конвейером по поверхности постоянных магнитов, совершающей вибрационные колебания по вертикали с частотой 33 Гц. Вибрация приводит к разрушению внутренней структуры шоколадной массы и, как следствие, к понижению предельного напряжения сдвига и вязкости. При этом шоколадная масса хорошо заполняет все углубления формы, содержащиеся в массе мелкие пузырьки воздуха удаляются из ее объема. Благодаря вибрационной обработке форм в течение 3...5 мин шоколад приобретает темный цвет и блестящую поверхность.

Обработанная вибрацией шоколадная масса должна быть быстро охлаждена, так как при медленной кристаллизации образуются крупные кристаллы какао-масла и возможно жировое поседение шоколада. Поэтому формы с шоколадной массой охлаждаются в аппарате 55 сначала в течение 19 мин при температуре 6...10 °С. Чем ниже температура в охлаждающей камере, тем мельче получаются кристаллы какао-масла устойчивой β-формы, а их распределение в массе равномернее. При низкой температуре воздуха изделие имеет блестящую зеркальную поверхность. Само изделие получается хрупким, имеющим нежный, тающий вкус и однородную структуру в изломе.

По окончании кристаллизации формы переворачивают на 180 °С, под действием вибрации шоколадные плитки выпадают из форм на пластинчатый конвейер, а пустые формы возвращаются цепным конвейером к отливочной машине 57. В нижней части охлаждающего аппарата 55 находится зона акклиматизации, в которой шоколадные плитки, размещенные на пластинчатом конвейере, продолжают выдерживаться при температуре 11...15 °С. Шоколадные плитки, имеющие температуру, близкую к температуре воздуха цеха, можно направлять на закрутку без длительной выстойки. Если вышедшая из охлаждающего аппарата плитка шоколада имеет температуру ниже точки росы воздуха в цехе, то на ее поверхности конденсируется влага из воздуха. В конденсате растворяется сахар, содержащийся в поверхностном слое. После прогревания изделия влага испаряется, а растворенный в ней сахар выкристаллизовывается. Поверхность плитки приобретает неприятный серый налет — сахарное поседение шоколада.

Шоколадные плитки выгружаются из аппарата 55 четырьмя ленточными питателями 54 и передаются в закруточные машины 53. Закрутка плиточного шоколада производится в алюминевую фольгу, парафинированную или подпергаментную подвертку и красочную этикетку. Фольга и подвертка предохраняют шоколад от увлажнения, а следовательно, от сахарного поседения, а также от потери аромата. Готовый шоколад обладает хрупкостью, в связи с чем предусмотрена дополнительная упаковка завернутых плиток в картонные футляры массой 2...2,5 кг. Футляры упаковывают в фанерные или тесовые ящики, картонные коробки, которые закрываются, забиваются гвоздями или клеиваются.

#### 4.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛИВОЧНОГО МАСЛА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Сливочное масло — пищевой продукт, вырабатываемый из коровьего молока, состоящий преимущественно из молочного жира и обладающий специфическим, свойственным ему вкусом, запахом и пластичной консистенцией. Кроме жира в масло часто переходят белки молока, молочный сахар, фосфатиды, витамины, минеральные вещества, вода и др. На структуру, качество, стойкость масла во время хранения влияет однородность распределения и размер капель воды, размер пузырьков воздуха и др. Сырье для производства сливочного масла — молоко и сливки.

Вкусовыми компонентами сливочного масла являются: диацетил, летучие жирные кислоты, эфиры жирных кислот, лецитин, белок, жиры, молочная кислота. Каротин (красящее вещество) придает маслу желтую окраску. Пищевую ценность сливочного масла повышают содержащиеся в нем фосфолипиды, особенно лецитин, попадающий в масло вместе с оболочками жировых шариков.

Низкая температура плавления (27...34 °С) и отвердевания (18...23 °С) молочного жира способствует его переходу в пищеварительном тракте в наиболее удобное для усвоения жидкое состояние.

Сливочное масло подразделяют на следующие виды: топленое (98% жира), вологодское (81,5...82,5 % жира), любительское (77,0...78,0 % жира), крестьянское (71,0...72,5 % жира), бутербродное (61,5 % жира), шоколадное (62,0 % жира), ярославское (52,0 % жира).

По вкусу и запаху сливочное масло хорошо сочетается со многими пищевыми продуктами, повышая их усвояемость (усвояемость молочного жира — 97,0 %, сухих веществ — 94,1 %). Энергетическая ценность сливочного масла составляет 20,0...37,6 МДж/кг. Сливочное масло используют для приготовления бутербродов, добавления ко вторым блюдам и гарнирам, в кондитерской промышленности при изготовлении кремов и т.п.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** Получение сливочного масла из стойкой жировой эмульсии молочного жира (сливок) — сложный физико-химический процесс. Основой технологии является концентрирование жировой фазы сливок и пластификация получаемого на промежуточных стадиях продукта. Существует два способа концентрации жировой фазы сливок: в холодном состоянии — сбиванием и горячем — сепарированием.

В зависимости от способа концентрирования на промежуточных стадиях получают масляное зерно или высокожирные сливки.

Масляное зерно — концентрированная суспензиоэмульсия, состоящая из разрушенных агрегатов жировых шариков. Высокожирные сливки — высококонцентрированная эмульсия молочного жира в плазме. Основой образования масляного зерна является агрегация (слияние) жировых шариков, содержащихся в сливках. Получение высокожирных сливок сводится к механическому разделению сливок в центробежном поле сепаратора на высокожирные сливки и плазму сливок — пахту.

Технологический процесс производства масла включает концентрирование жира молока, разрушение эмульсии жира и формирование структуры продукта с заданными свойствами.

Различают два способа производства сливочного масла: сбивание сливок (традиционный) и преобразование высокожирных сливок.

При выработке сливочного масла способом сбивания концентрирование жировой фазы достигается сепарированием молока и последующим разрушением эмульсии молочного жира при сбивании полученных сливок. Регулирование влаги осуществляется во время обработки масла. Кристаллизация глицеридов молочного жира завершается во время физического созревания до механической обработки масла.

При получении сливочного масла способом преобразования высокожирных сливок концентрирование жировой фазы молока осуществляется сепарированием. Нормализация высокожирных сливок по влаге проводится до начала термомеханической обработки. Разрушение эмульсии жира сливок и кристаллизация глицеридов молочного жира происходит главным образом во время термомеханической обработки.

Принятое молоко сепарируют при температуре 35...40 °С для получения сливок с желаемой массовой долей жира. Для выработки масла способом сбивания в маслоизготовителях непрерывного действия используют сливки с массовой долей жира 36...50 %. При выработке масла способом сбивания в маслоизготовителях периодического действия и способом преобразования высокожирных сливок используют сливки средней жирности с массовой долей жира 32...37 %.

При выборе режима тепловой обработки учитывают качество сливок и вид вырабатываемого масла. При выработке вологодского масла используют сливки только первого сорта, а тепловую обработку проводят при температуре 105...110 °С, чтобы продукт имел специфический вкус и запах.

Для исправления пороков сливки дезодорируют или заменяют плазму сливок. Дезодорацию сливок обычно совмещают с тепловой обработкой.

**Стадии технологического процесса.** Производство сливочного масла способом сбивания сливок состоит из следующих стадий:

- приемка и хранение молока;
- подогревание и сепарирование молока;
- тепловая обработка сливок и их созревание;
- сбивание сливок, промывка, посолка, механическая обработка масла;
- фасование и хранение масла.

Производство сливочного масла способом преобразования высокожирных сливок включает следующие стадии:

- приемка и хранение молока;
- подогревание и сепарирование;
- тепловая обработка сливок;
- сепарирование сливок (получение высокожирных сливок);
- нормализация и термомеханическая обработка высокожирных сливок;
- фасование и хранение масла.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия для производства сливочного масла способом сбивания сливок начинается с комплекса оборудования для приемки и хранения молока, в состав которого входят насосы, емкости, приемные ванны и весы.

В состав линии входит комплекс оборудования для подогревания и сепарирования молока, состоящий из пластинчатых пастеризационно-охладительных установок и сепараторов-сливкоотделителей.



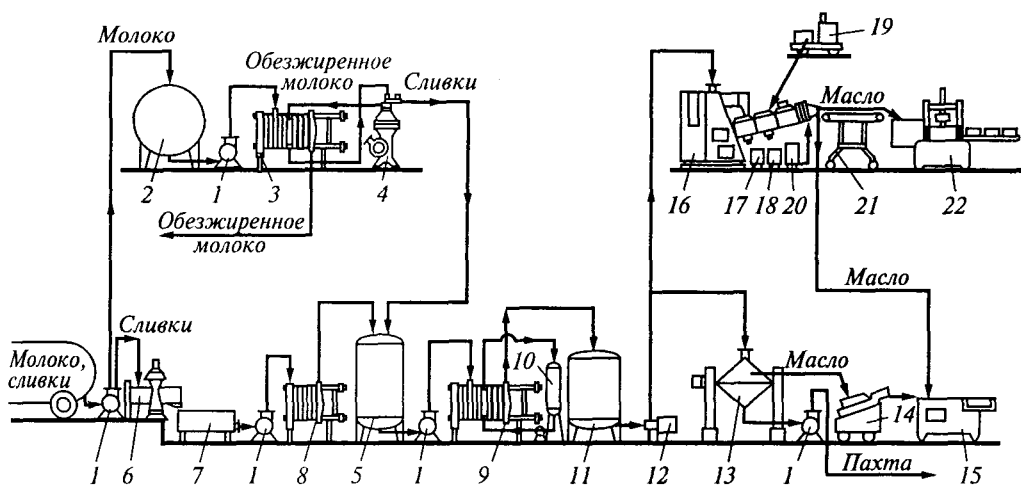


Рис. 4.7. Машинно-аппаратурная схема линии производства масла способом сбивания

Следующим является комплекс оборудования для тепловой обработки сливок и их созревания, в состав которого входят пластинчатые теплообменники и пастеризационно-охладительные установки и емкости для созревания сливок.

Ведущим является комплекс оборудования для сбивания сливок, промывки, посолки и механической обработки масла, представляющий маслоизготовители периодического и непрерывного действия.

Завершающий комплекс оборудования включает машину для фасования масла в короба или автомат для фасования в мелкую тару.

На рис. 4.7 показан один из вариантов машинно-аппаратурной схемы линии производства сливочного масла способом сбивания сливок (традиционным).

**Устройство и принцип действия линии.** Принятое молоко с помощью насосов 1 направляется в емкость 2, подогревается в пластинчатой пастеризационно-охладительной установке 3 и сепарируется в сепараторе-сливкоотделителе 4.

Принятые сливки с сепараторных отделений взвешиваются на весах 6 и через приемную воронку 7 направляются на подогревание в пластинчатый теплообменник 8.

Сливки из сепаратора и сепараторных отделений поступают в емкость 5 для промежуточного хранения, откуда их направляют на пластинчатую пастеризационно-охладительную установку 9 для сливок с дозатором 10. После пастеризации, дезодорации и охлаждения сливки поступают в емкость 11, где они выдерживаются для физического созревания.

Обезжиренное молоко после сепарирования направляется на пастеризацию, а затем на переработку или для возврата сдатчикам.

Сливки после физического созревания винтовым насосом 12 направляют либо в маслоизготовитель периодического действия 13, либо в маслоизготовитель непрерывного действия 16, где осуществляется сбивание сливок, промывка масляного зерна, посолка и обработка масла.

Сливки в маслоизготовитель периодического действия 13 подаются под вакуумом или с помощью насосов и сбиваются до получения масляного зерна размером 3...5 мм. После этого выпускают пахту, промывают масляное зерно и осуществляют посолку масла сухой солью или рассолом.

Затем проводят механическую обработку масла для отделения влаги и образования пласта масла. Для улучшения консистенции и распределения влаги масло обрабатывают в гомогенизаторе-пластификаторе. Готовое масло выгружается в машину 14 для фасовки масла в короба 15.

Основными рабочими органами маслоотделителя непрерывного действия 16 являются сбиватель и маслосборник. Отборник масляного зерна состоит из трех шнековых камер (первая — для обработки масла и отделения пахты в бачок 17, вторая — для промывки масляного зерна и отделения воды в бачок 18, третья — вакуум-камера для вакуумирования масла), блока посолки с дозирующим устройством 19 и блока механической обработки масла. Содержание влаги в масле регулируется внесением недостающего количества воды дозирующим насосом 20. Готовое масло транспортером 21 направляется на машину 22 для фасования в пачки.

#### 4.7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Творог — белковый кисло-молочный продукт, изготавливаемый сквашиванием культурами молочно-кислых бактерий с применением или без применения молокосвертывающего фермента и хлорида кальция пастеризованного нормализованного цельного или обезжиренного молока (допускается смешивание с пахтой) с последующим удалением из сгустка части сыворотки и отпрессовыванием белковой массы.

Творог имеет чистые кисло-молочные вкус и запах; для первого сорта допускается слабо выраженный привкус кормов, тары, легкой горечи. Консистенция нежная, однородная; для жирного творога первого сорта допускается несколько рыхлая и мажущаяся, для нежирного — рассыпчатая, с незначительным выделением сыворотки. Цвет белый, слегка желтоватый, с кремовым оттенком, равномерный по всей массе; для жирного творога первого сорта допускается некоторая неравномерность цвета.

Значительное содержание в твороге жира, и особенно полноценных белков, обуславливает его высокую пищевую и биологическую ценность. В твороге содержится значительное количество минеральных веществ (кальция, фосфора, железа, магния и др.), необходимых для нормальной жизнедеятельности сердца, центральной нервной системы, мозга, для костеобразования и обмена веществ в организме.

В зависимости от массовой доли жира творог подразделяют на три вида: жирный, полужирный и нежирный.

В качестве сырья используют доброкачественное свежее молоко цельное и обезжиренное кислотностью не выше 20 °Т. По жиру молоко нормализуют с учетом содержания в нем белка (по белковому титру), что дает более точные результаты.

К творожным изделиям относятся различные творожные массы и сырки, торты, кремы и т. п.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Существуют два способа производства творога — традиционный (обычный) и раздельный. Раздельный способ производства творога позволяет ускорить процесс отделения сыворотки и значительно снизить при этом потери. Сущность раздельного способа заключается в том, что молоко, предназначенное для выработки творога, предварительно сепарируют. Из полученного обезжиренного молока вырабатывают нежирный творог, к которому затем добавляют необходимое количество сливок, повышающих жирность творога до 9 или 18 %.

По методу образования сгустка различают два способа производства творога: кислотный и сычужно-кислотный. Первый основывается только на кислотной коагуляции белков путем сквашивания молока молочнокислыми бактериями с последующим нагреванием сгустка для удаления излишней сыворотки. Таким способом изготавливается творог нежирный и пониженной жирности, так как при нагревании сгустка происходят значительные потери жира в сыворотку. Кроме того, этот способ обеспечивает выработку нежирного творога более нежной консистенции. Пространственная структура сгустков кислотной коагуляции белков менее прочная, формируется слабыми связями между мелкими частицами казеина и хуже выделяет сыворотку. Поэтому для интенсификации отделения сыворотки требуется подогрев сгустка.

При сычужно-кислотном способе свертывания молока сгусток формируется комбинированным воздействием сычужного фермента и молочной кислоты. Под действием сычужного фермента казеин на первой стадии переходит в параказеин, на второй — из параказеина образуется сгусток. Казеин при переходе в параказеин смещает изоэлектрическую точку с рН 4,6 до 5,2. Поэтому образование сгустка под действием сычужного фермента происходит быстрее, при более низкой кислотности, чем при осаждении белков молочной кислотой, полученный сгусток имеет меньшую кислотность, на 2...4 ч ускоряется технологический процесс. При сычужно-кислотной коагуляции кальциевые мостики, образующиеся между крупными частицами, обеспечивают высокую прочность сгустка. Такие сгустки лучше отделяют сыворотку, чем кислотные, так как в них быстрее происходит уплотнение пространственной структуры белка. Поэтому подогрев сгустка для интенсификации отделения сыворотки не требуется.

Сычужно-кислотным способом изготавливают жирный и полужирный творог, при котором уменьшается отход жира в сыворотку. При кислотном свертывании кальциевые соли отходят в сыворотку, а при сычужно-кислотном сохраняются в сгустке. Это необходимо учитывать при производстве творога для детей, которым необходим кальций для костеобразования.

**Стадии технологического процесса.** Производство творога традиционным способом включает в себя следующие стадии:

- приемка молока;
- нормализация молока до требуемого состава;
- очистка и пастеризация молока;
- охлаждение молока до температуры заквашивания;
- внесение закваски и сычужного фермента в молоко;
- сквашивание молока;
- разрезка сгустка;
- отделение сыворотки;
- охлаждение творога;
- фасование;
- упаковывание в тару и хранение готовой продукции.

**Характеристика комплексов оборудования.** Технологический процесс производства творога традиционным способом выполняется при помощи комплексов оборудования для приема, охлаждения, переработки, хранения и транспортирования сырья.

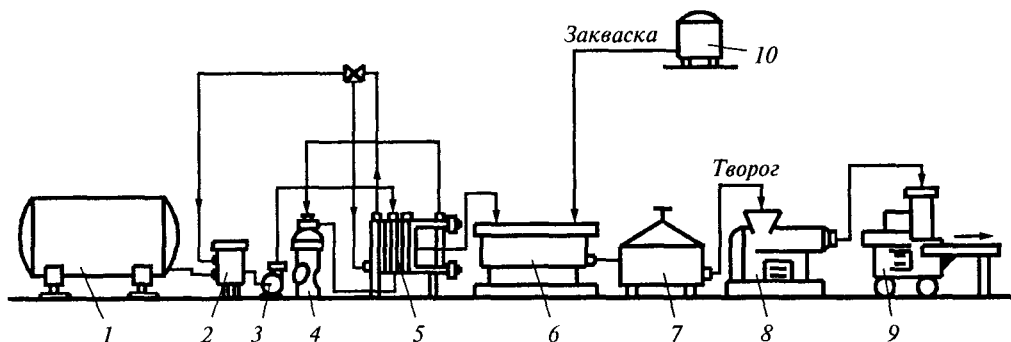


Рис. 4.8. Машинно-аппаратурная схема линии производства творога традиционным способом

Для хранения принимаемого молока используют металлические емкости (танки). Молоко и продукты его переработки перекачиваются насосами. Приемку сырья осуществляют при помощи весов (молокосчетчиков), сепараторов-молокоочистителей, пластинчатых охладителей, пастеризаторов, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из творогоизготовителей с прессующими ваннами, ванн для творожного сгустка, установок для прессования и охлаждения творога.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает фасование, упаковывание, хранение и транспортирование готового продукта. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

Машинно-аппаратурная схема линии производства творога традиционным способом приведена на рис. 4.8.

**Устройство и принцип действия линии.** Молоко из емкости 1 подается сначала в балансировочный бачок 2, а затем насосом 3 в секцию рекуперации пастеризационно-охладительной установки 5, где оно подогревается до температуры 35...40 °С и направляется на сепаратор-очиститель 4.

Нормализованное и очищенное молоко направляют на пастеризацию при 78...80 °С с выдержкой 20...30 с. Температура пастеризации влияет на физико-химические свойства сгустка, что, в свою очередь, отражается на качестве и выходе готового продукта. Так, при низких температурах пастеризации сгусток получается недостаточно плотным, так как сывороточные белки практически полностью отходят в сыворотку, и выход творога снижается. С повышением температуры пастеризации увеличивается денатурация сывороточных белков, которые участвуют в образовании сгустка, повышая его прочность и усиливая влагоудерживающую способность. Это снижает интенсивность отделения сыворотки и увеличивает выход продукта. Путем регулирования режимов пастеризации и обработки сгустка, подбором штаммов заквасок можно получать сгустки с нужными реологическими и влагоудерживающими свойствами.

Пастеризованное молоко охлаждают в секции рекуперации пластинчатой пастеризационно-охладительной установки 5 до температуры сквашивания (в теплое время года до 28...30 °С, в холодное — до 30...32 °С) и направляют в специальные ванны 6 на заквашивание. Закваску для производства творога изготавливают на чистых культурах мезофильных молочнокислых стрептококков и вносят в молоко в количестве от 1 до 5 %. Продолжительность сквашивания после внесения закваски составляет 6...8 ч.

При ускоренном способе сквашивания в молоко вносят 2,5 % закваски, приготовленной в заквасочнике 10 на культурах мезофильного стрептококка, и 2,5 % термофильного молочнокисло-го стрептококка. Температура сквашивания при ускоренном способе повышается в теплое время года до 35 °С, в холодное — до 38 °С. Продолжительность сквашивания молока при ускоренном способе 4,0...4,5 ч, т.е. сокращается на 2,0...3,5 ч, при этом выделение сыворотки из сгустка происходит более интенсивно.

Для улучшения качества творога желательно применять беспересадоочный способ приготовления закваски на стерилизованном молоке, что позволяет снизить дозу внесения закваски до 0,8...1,0 % при гарантированной ее чистоте.

При сычужно-кислотном способе производства творога после внесения закваски добавляют 40 %-ный раствор хлорида кальция (из расчета 400 г безводной соли на 1 т молока), приготовленного на кипяченой и охлажденной до 40...45 °С воде. Хлорид кальция восстанавливает способность пастеризованного молока образовывать под действием сычужного фермента плотный, хорошо отделяющий сыворотку сгусток. Немедленно после этого в молоко в виде 1 %-ного раствора вносят сычужный фермент или пепсин из расчета 1 г на 1 т молока. Сычужный фермент растворяют в кипяченой и охлажденной до 35 °С воде. Раствор пепсина с целью повышения его активности готовят на кислой осветленной сыворотке за 5...8 ч до использования. Для ускорения оборачиваемости творожных ванн б молоко сквашивают до кислотности 32...35 °Т в резервуарах, а затем перекачивают в творожные ванны и вносят хлорид кальция и фермент.

Окончание сквашивания и готовность сгустка определяют по его кислотности (для жирного и полужирного творога должна быть 58...60 °Т, для нежирного — 66...70 °Т) и визуально — сгусток должен быть плотным, давать ровные гладкие края на изломе с выделением прозрачной зеленоватой сыворотки. Сквашивание при кислотном методе продолжается 6...8 ч, сычужно-кислотном — 4...6 ч, с использованием активной кислотообразующей закваски — 3...4 ч.

Чтобы ускорить выделение сыворотки, готовый сгусток разрезают специальными проволочными ножами на кубики с размером граней 2 см. При кислотном методе разрезанный сгусток подогревают до 36...38 °С для интенсификации выделения сыворотки и выдерживают 15...20 мин, после чего ее удаляют. При сычужно-кислотном — разрезанный сгусток без подогрева оставляют в покое на 40...60 мин для интенсивного выделения сыворотки.

Для дальнейшего отделения сыворотки сгусток подвергают самопрессованию и прессованию. Для этого его разливают в бязевые или лавсановые мешки по 7...9 кг (на 70 % вместимости мешка), их завязывают и помещают несколькими рядами в пресс-тележку 7. Под воздействием собственной массы из сгустка выделяется сыворотка. Самопрессование происходит в цехе при температуре не выше 16 °С и продолжается не менее 1 ч. Окончание самопрессования определяется визуально по поверхности сгустка, которая теряет блеск и становится матовой. Затем творог под давлением прессуют до готовности. В процессе прессования мешочки с творогом несколько раз встряхивают и перекалывают. Во избежание повышения кислотности прессование необходимо проводить в помещениях с температурой воздуха 3...6 °С, а по его окончании немедленно направлять творог на охлаждение до температуры не выше 8 °С с использованием охладителей различных конструкций; наиболее совершенным из них является двухцилиндровый охладитель 8.

Готовый продукт фасуют на машинах 9 в мелкую и крупную тару. Творог фасуют в картонные ящики с вкладышами из пергамент, полиэтиленовой пленки. В мелкую упаковку творог фасуют в виде брусков массой 0,25; 0,5 и 1 кг, завернутых в пергамент или целлофан, а также в картонные коробочки, пакеты, стаканы из различных полимерных материалов.

Творог хранят до реализации не более 36 ч при температуре камеры не выше 8 °С и влажности 80...85 %. Если срок хранения будет превышен из-за непрекращающихся ферментативных процессов, в твороге начинают развиваться пороки.

Творогоизготовители с прессующей ванной используют для выработки всех видов творога, при этом трудоемкий процесс прессования творога в мешочках исключается. Творогоизготовитель состоит из двух двустенных ванн вместимостью 2000 л с краном для спуска сыворотки и люком для выгрузки творога. Над ваннами закреплены прессующие ванны с перфорированными стенками, на которые натягивают фильтрующую ткань. Прессующая ванна при помощи гидравлического привода может подниматься вверх или опускаться вниз почти до дна ванны для сквашивания.

Готовый творог направляется на фасование и затем в холодильную камеру для доохлаждения.

С целью резервирования творога в весенний и летний периоды года его замораживают. Качество размороженного творога зависит от метода замораживания. Творог при медленном замораживании приобретает крупитчатую и рассыпчатую консистенцию вследствие замораживания влаги в виде крупных кристаллов льда. При быстром замораживании влага одновременно замерзает в виде мелких кристаллов во всей массе творога, которые не разрушают его структуру, и после замораживания восстанавливаются первоначальные, свойственные ему консистенция и структура. Наблюдается даже устранение после размораживания нежелательной крупитчатой консистенции вследствие разрушения крупинки творога мелкими кристаллами льда. Замораживают творог в фасованном виде — блоками по 7...10 кг и брикетами по 0,5 кг при температуре от -25 до -30 °С в термоизолированных морозильных камерах непрерывного действия до температуры в центре блока -18 °С и -25 °С в течение 1,5...3,0 ч. Замороженные блоки укладывают в картонные ящики и хранят при этих же температурах в течение соответственно 8 и 12 мес. Размораживание творога проводят при температуре не выше 20 °С в течение 12 ч.

Машинно-аппаратурная схема линии производства творога отдельным способом представлена на рис. 4.9.

**Устройство и принцип действия линии.** При этом способе производства молоко, предназначенное для выработки творога, из емкости 1 насосом 2 подается в уравнительный бачок 3, а из него — насосом 2 в секцию рекуперации пластинчатой пастеризационно-охладительной установки 4 для подогревания до 40...45 °С. Подогретое молоко поступает в сепаратор-сливкоотделитель 5, в котором разделяется на обезжиренное молоко и сливки с массовой долей жира не менее 50...55 %. Полученные сливки подают сначала в промежуточную емкость 6, а затем насосом 7 в пластинчатую пастеризационно-охладительную установку 8, где они пастеризуются при температуре 85...90 °С с выдержкой 15...20 с, охлаждаются до 2...4 °С и направляются в двустенную емкость 9 на временное хранение до смешения с творогом.

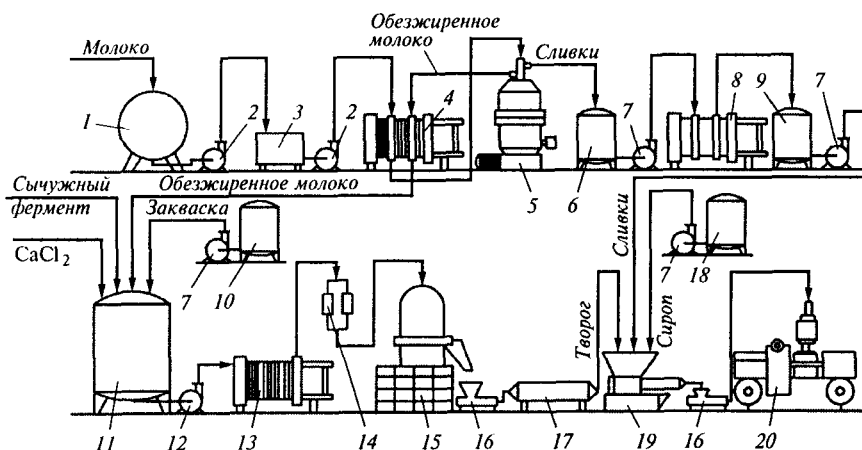


Рис. 4.9. Машинно-аппаратурная схема линии производства творога раздельным способом с использованием сепаратора-творогоотделителя

Обезжиренное молоко из сепаратора поступает в пластинчатую пастеризационно-охладительную установку 4, где сначала пастеризуется при температуре 78 °С с выдержкой 15...20 с, а затем охлаждается до 30...34 °С и направляется в резервуар 11 для сквашивания, снабженный специальной мешалкой. Закваска, приготовленная в заквасочнике 10, насосом 7 подается в резервуар 11 для заквашивания. Сюда же подаются хлорид кальция и фермент, смесь тщательно перемешивают и оставляют для сквашивания до кислотности сгустка 90...116 °Т, а если используется ускоренный способ сквашивания молока, то 85...90 °Т. При сепарировании сгустка с меньшей кислотностью сопла сепаратора могут засориться.

Полученный сгусток тщательно перемешивается и насосом 12 подается в пластинчатый теплообменник 13, где вначале подогревается до 60...62 °С для лучшего отделения сыворотки, а затем охлаждается до 25...32 °С, благодаря чему он лучше разделяется на белковую часть и сыворотку. Из теплообменника 13 сгусток через сетчатый фильтр 14 под давлением подается в сепаратор-творогоизготовитель 15, где разделяется на сыворотку и творог.

При выработке жирного творога обезжиривание сепарированием проводят до массовой доли влаги в сгустке 75...76 %, а при выработке полужирного творога — до массовой доли влаги 78...79 %. Полученный обезжиренный творог подают специальным насосом 16 сначала на охладитель 17 для охлаждения до 8 °С, растирают на вальцовке до получения гомогенной консистенции. Охлажденный творог направляют в месильную машину 19, куда дозирующим насосом 7 подаются пастеризованные охлажденные сливки из емкости 18 и все тщательно перемешивается. Готовый творог фасуют на машинах 20 и направляют в камеру для хранения.

#### 4.8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Сыр — высококалорийный пищевой продукт, вырабатываемый из молока путем коагуляции белков, обработки полученного белкового сгустка и последующего созревания сырной массы.

Белковый сгусток удерживает воду, жировые шарики и другие составные части молока. При обработке сгустка часть воды, молочного сахара, минеральных веществ, витаминов и ферментов переходят в сыворотку.

По технологическим признакам натуральные сыры делят на *сычужные* и *кисломолочные*. Сычужные сыры производят свертыванием молока сычужным ферментом, а кисло-молочные вырабатывают путем сквашивания молока заквасками.

Натуральные сыры по внешним признакам делят на три группы:

- твердые сыры (сычужные с плотной или твердой консистенцией);
- мягкие сыры (сычужные или кисло-молочные с мягкой консистенцией);
- рассольные сыры (созревают в рассоле и содержат повышенную массовую долю поваренной соли).

К твердым сычужным сырам относятся: российский, пошехонский, швейцарский, костромской, калачеевский, голландский, ярославский, эмментальский, эдамский, чеддер и др. К мягким сычужным и сычужно-кислым относятся: русский каламбер, смоленский, дорожный, пятигорский, рокфор, чайный, сливочный и др. К рассольным сычужным сырам относятся брынза, адыгейский, тушинский, сулугуни, чечиль и др.

Сыры содержат 15...30 % белка, 10...32 % жира, 30...80 % влаги, около 1 % кальция и 0,8 % фосфора. Энергетическая ценность 100 г голландского брускового сыра составляет 1510 кДж, советского — 1674 кДж.

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** В основу производства сыра традиционным способом положен принцип концентрирования составных частей молока (белка и жира) путем отделения сыворотки от молочного сгустка, полученного в результате сычужной или кислотной-сычужной коагуляции.

Нормализация молока в сыроделии заключается в получении определенного соотношения между жиром и сухим остатком жира. При производстве сыров молоко пастеризуется при 71...72 °С с выдержкой 20...25 с. Пастеризацию обычно совмещают с дезодорацией в целях получения сыра высокого качества. После пастеризации молоко подвергается созреванию для повышения его кислотности на 1...5 °Т и увеличения растворимости солей кальция.

После созревания молоко заквашивают закваской, доза и состав которой зависят от вида вырабатываемого сыра. Свертывание молока сычужным ферментом является специальной операцией в производстве сыра.

Перед свертыванием в молоко добавляют закваска, хлорид кальция и сычужный фермент. Доза хлорида кальция соответствует 10...40 г сухой соли на 100 л молока. Доза сычужного фермента составляет 2,0...2,5 г фермента на 100 л молока. Фермент вносят в молоко в виде 1,0...2,5 %-ного раствора, приготовленного на воде или кислой осветленной пастеризованной сыворотке. При растворении фермента температура кислой сыворотки должна быть 35...40 °С, а воды — 25...35 °С.

Готовность сычужного сгустка оценивают по продолжительности свертывания и плотности сгустка. При разрезании готового сгустка получается ровный раскол и выделяется прозрачная зеленая сыворотка. Продолжительность свертывания для различных групп сыров принимается от 15...30 до 40...60 мин.

При производстве твердых сыров для обезвоживания сырной массы недостаточно ее дробления и нарастания кислотности. В связи с этим проводят второе нагревание с целью регулирования микробиологических процессов, создания условий для развития определенных видов микроорганизмов и усиления выделения сыворотки из зерна. По температуре второго нагревания сыры делят на: сыры с низкой температу-



рой второго нагревания (38...42 °С), т. е. выше температуры свертывания на 6...8 °С (голландский, пошехонский, эстонский, ярославский и др.); сыры с высокой температурой второго нагревания (50...60 °С), т. е. выше температуры свертывания на 20...25 °С (швейцарский, кубанский, алтайский, украинский и др.). Кроме того, выработывают мягкие сыры без второго нагревания или иногда сырную массу нагревают на 1...2 °С выше температуры свертывания.

После обсушки сырного зерна и частичной посолки начинают формирование сыра, которое может осуществляться из пласта, наливом, насыпью и выкладыванием необработанного сгустка в формы. За формированием сыра следует самопрессование и прессование. Перед прессованием сыр маркируется металлическими или казеиновыми цифрами.

Отпрессованный сыр подвергают посолке (в рассоле, сухой солью, соляной гущей, в зерне). Посолка в рассоле осуществляется путем погружения в него отдельных головок сыров или контейнера с сырами. Длительность посолки в рассоле сыров различных групп составляет от 20 мин до 8 сут.

Посоленный сыр созревает при определенном температурно-влажностном режиме. При этом молочный сахар сбраживается молочно-кислыми и ароматообразующими микроорганизмами. Белки сыра подвергаются протеолизу в результате действия ферментов. Молочный жир в процессе созревания подвергается гидролитическому распаду и окислению. Сыр созревает на стеллажах или контейнерах. Созревание сыра в полимерных контейнерах предотвращает развитие плесени на поверхности сыра и исключает мойку сыра.

Для регулирования созревания белка в молоке при производстве твердых сыров применяют ультрафильтрацию.

**Стадии технологического процесса.** Производство сыра можно разделить на следующие стадии:

- подготовка молока к выработке сыра;
- свертывание молока, получение и обработка сгустка;
- формирование сыра;
- самопрессование и прессование сыра;
- посолка сыра;
- созревание сыра.

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки молока к выработке сыра, в состав которого входят насосы, фильтры, воздухоотделители, счетчики емкости, емкости для созревания и нормализации молока, пастеризационно-охладительные установки, дозаторы и сепараторы.

Ведущим в линии является комплекс оборудования для подготовки молока к сепарированию, а также для получения и обработки сгустка, состоящий из аппаратов для выработки сырного зерна, пульта управления, сборников и насосов.

Линия состоит из комплекса оборудования для формирования сыра, в состав которого входит передвижной стол и формовочные аппараты.

Следующий комплекс оборудования представляют прессы с конвейером и весами.

Далее следует комплекс оборудования для посолки сыра, состоящий из посолочного этажера, подъемника и охладителя рассола.

Завершающий комплекс оборудования для созревания сыра состоит из передвижных стеллажей, электропогрузчика, а также комплекса оборудования для ухода за сыром в период созревания.

Машинно-аппаратурная схема линии производства голландского сыра приведена на рис. 4.10.

**Устройство и принцип действия линии.** Молоко насосом 1 прокачивается через фильтр 2, воздухоочиститель 3 и счетчик 4 в емкости для молока 5, охлаждаясь в охлаждающей установке 6. Охлажденное молоко насосом 7 из емкостей для хранения молока 5 направляется на пастеризацию в пастеризационно-охладительную установку 10, на дезодорацию в дезодоратор 9 и на нормализацию в сепаратор 8.

Пастеризованное и нормализованное молоко с кислотностью не более 20 °Т направляют в аппараты для выработки сырного зерна 11, куда из пульта управления 12 вносят раствор хлорида кальция и бактериальную закваску мезофильных молочно-кислых бактерий в количестве 0,5...1,0 %. Для ускорения свертывания допускается вносить биопрепарат (гидролизат) в количестве 0,05...0,5 %. Свертывание молока проводят при температуре 30...34 °С в течение 25...35 мин. Готовый сгусток разрезают в течение 15...25 мин до размеров зерен 7...9 мм, во время постановки 30...40 % сыворотки удаляют, далее зерно вымешивают, после чего доливают еще 15...20 % сыворотки.

Второе нагревание осуществляют в течение 10...20 мин при температуре 38...42 °С. Для улучшения консистенции сразу же после второго нагревания проводят частичную посолку сырной массы в зерне, для чего в смесь зерна с сывороткой вносят раствор хлорида натрия из расчета 200...300 г на 100 кг молока. После второго нагревания сырную массу вымешивают до тех пор, пока зерно не приобретает достаточной упругости.

Вымешивание продолжается 10...15 мин, после чего насосом 13 сырное зерно направляется на передвижной стол 16 и загружается в формовочные аппараты 17. Насосом 15 сыворотка из сборника 14 отводится на переработку.

В формовочном аппарате 17 сырное зерно подпрессовывается в течение 15...25 мин при давлении 1,0...2,0 кПа, затем разрезается на бруски, соответствующие размерам форм. Самопрессование в формах проводят в течение 20...50 мин. Через 15 мин переворачивают, маркируют, накрывают крышками и снова оставляют до конца самопрессования.

С помощью конвейера 18 сыр загружают в прессы 19 и прессуют в течение 1,5...2,5 ч при постоянно возрастающем давлении от 10 до 50 кПа. При необходимости через 30...60 мин сыр перепрессовывают. Отпрессованный сыр должен иметь рН от 5,5 до 5,8. Оптимальная массовая доля влаги в сыре после прессования 43...45 %.

После взвешивания на весах 20 сыр подъемником 22 направляется в посолочный этажер 21 для посолки в рассоле с концентрацией хлорида натрия 20 % при температуре 8...12 °С в течение 2,5...3,5 сут. Рассол насосом 23 циркулирует через охладитель рассола 24.

Вынутые из рассола бруски обсушивают в течение 2...3 сут при температуре 8...12 °С и относительной влажности воздуха 90...95 %, после чего сыр электропогрузчиком 26 направляет на созревание на передвижные стеллажи 25. Первые 13...15 сут сыр созревает при температуре 10...12 °С и относительной влажности воздуха 85...90 %, затем до одного месяца при 14...16 °С, а в дальнейшем до конца созревания его выдерживают при температуре 12...14 °С и относительной влажности 75...85 %. В комплект оборудования для ухода за сыром в период созревания (27—33) входит устройство для разгрузки сыров 27, а также машина для мойки сыра 28, в которой сыры моют при появлении плесени и слизи теплой водой (30...40 °С) не реже чем через 10...12 сут.

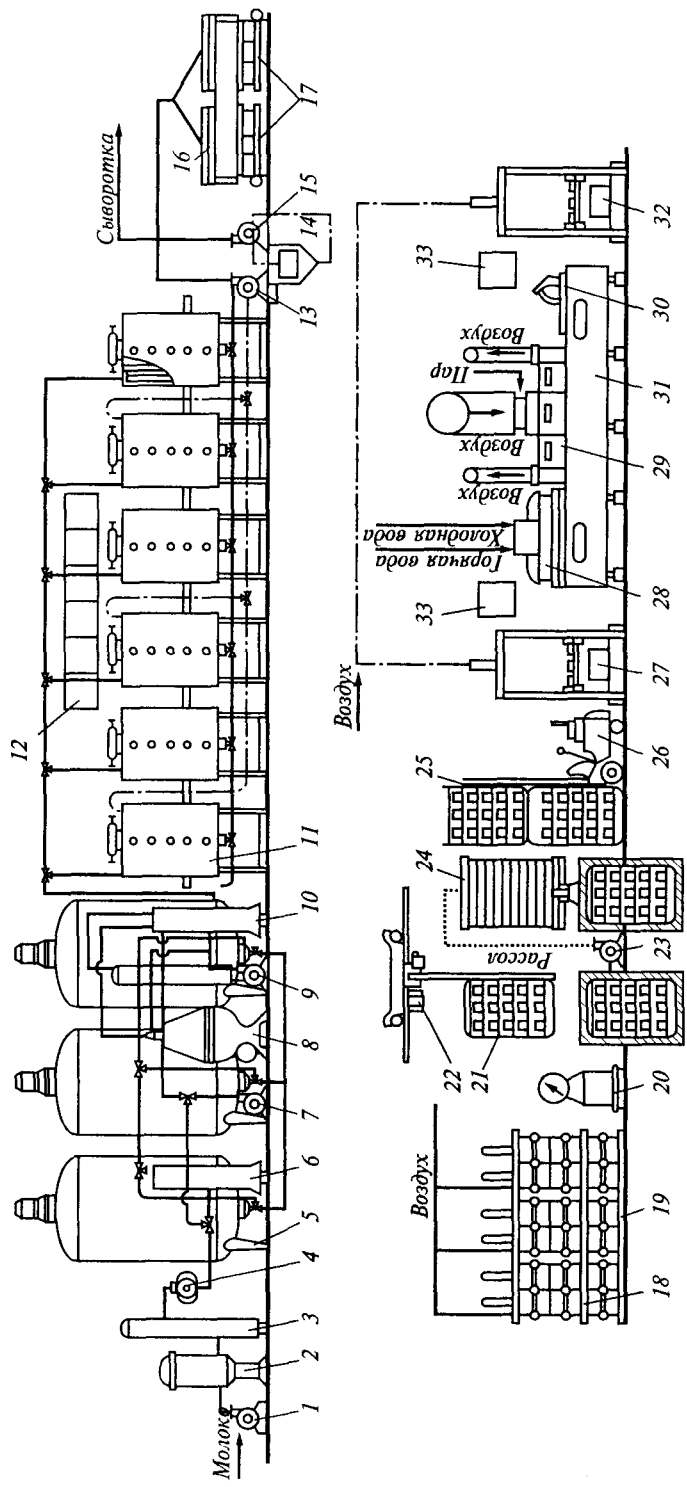


Рис. 4.10. Машинно-аппаратурная схема линии производства голландского сыра

В процессе созревания сыры следует переворачивать каждую неделю, затем через 10...12 дн, причем их подсушивают в машине для сушки сыров 29. Сыры парафинируют в возрасте от 15 до 20 сут в парафинере 30. В комплект оборудования для ухода за сыром входят также машина для мойки и обсушки полок 31, а также устройство для загрузки сыра на полки 32.

#### 4.9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОГО

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Мороженое — продукт, полученный взбиванием и замораживанием пастеризованной смеси коровьего молока, сливок, сахара, стабилизатора и наполнителей. Благодаря содержанию молочного жира, белков, углеводов, минеральных веществ и витаминов оно обладает высокой пищевой ценностью и легко усваивается организмом.

Все виды мороженого условно можно разделить на основные и любительские. К основным видам относятся: молочное, сливочное и пломбир, полученные на основе молочных смесей, а также фруктово-ягодное, изготовляемое из натурального плодово-ягодного сырья, и ароматическое, сырьем для которого является вода, сахар и ароматообразующие добавки. Любительские виды мороженого вырабатывают в разнообразных комбинациях сырья.

Мороженое должно иметь сладкий, чистый, характерный для каждого вида вкус и аромат. Консистенция и структура его должны быть однородными, без ощутимых кристаллов льда, комочков жира и стабилизатора.

Мороженое обладает высокой питательной ценностью. Оно богато углеводами (от 14 % в молочно-сливочных видах до 30 % в фруктово-ягодных), жирами (в пломбуре до 17 %, в молочном — 3,5...15 %), белками (3,5...4,5 %), минеральными солями (до 0,7 %) и витаминами. Энергетическая ценность молочных и фруктовых видов мороженого составляет 5607...6162 кДж/кг.

**Особенности производства и потребления готового продукта.** Мороженое получают путем взбивания и замораживания молочных или фруктово-ягодных смесей с сахаром, стабилизатором, а для некоторых видов — также с вкусовыми и ароматическими наполнителями.

**Стадии технологического процесса.** Производство мороженого включает в себя следующие стадии:

- приемка молока и оценка его качества;
- очистка молока, охлаждение и резервирование;
- приготовление смеси (дозирование и смешение отдельных видов сырья);
- фильтрование смеси;
- пастеризация смеси;
- гомогенизация;
- охлаждение;
- созревание;
- фризирование;
- фасование;
- закаливание;
- дозакаливание мороженого.

**Характеристика комплексов оборудования.** Производство мороженого состоит из двух основных этапов: выработки смеси и приготовления из нее мороженого.

Начальные стадии технологического процесса производства мороженого выполняются при помощи комплексов оборудования для приема, охлаждения, переработки, хранения и транспортирования сырья. Приемку сырья осуществляют при помощи весов (молочосчетчиков), сепараторов-молочоочистителей, пластинчатых охладителей, фильтров и вспомогательного оборудования.

Ведущий комплекс линии состоит из подогревателей, сепараторов-сливкоотделителей, гомогенизаторов, пастеризаторов, охладителей и емкостей для хранения полуфабрикатов.

Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает фасование, закаливание и хранение готовой продукции. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование морозильных камер для готовой продукции.

Машинно-аппаратурная схема линии производства мороженого приведена на рис. 4.11.

#### Устройство и принцип действия линии.

В процессе приемки молоко цельное и обезжиренное, сливки взвешиваются, оценивается их качество и хранятся в охлаждаемых резервуарах 1 при температуре не выше 6 °С.

Смеси для мороженого приготавливают из подготовленного сырья в соответствии с рецептурами, рассчитанными исходя из фактического наличия сырья, его состава и качества. Сырье для получения смеси на молочной основе загружают в смешительные ванны 2 в такой последовательности: жидкие продукты (молоко, сливки, вода), стуженные молочные продукты, затем сухие молочные продукты, сахар, вкусовые наполнители и стабилизаторы.

Для более полного и быстрого растворения сухих продуктов смесь нагревают до 35...40 °С и тщательно перемешивают. Затем для удаления нерастворившихся частиц и примесей ее фильтруют на дисковых, плоских, пластинчатых фильтрах.

Для смешения компонентов сырья используют сливкосозревательные ванны 7 и ванны длительной пастеризации, а также аппараты для выработки сырного зерна.

Стабилизаторы вносят в смесь до пастеризации, в процессе пастеризации или после охлаждения пастеризованной смеси.

Желатин и агар вводят из емкости 8 в смесь в виде 10 %-ного водного раствора, метилцеллюлозу — в виде 1 %-ного раствора, а другие стабилизаторы используют в сухом виде.

Пектин заливают холодной водой в соотношении 1 : 20 и нагревают до полного растворения при постоянном перемешивании, а затем кипятят в течение 1...2 мин. Приготовленный раствор фильтруется и вводится в смесь до пастеризации.

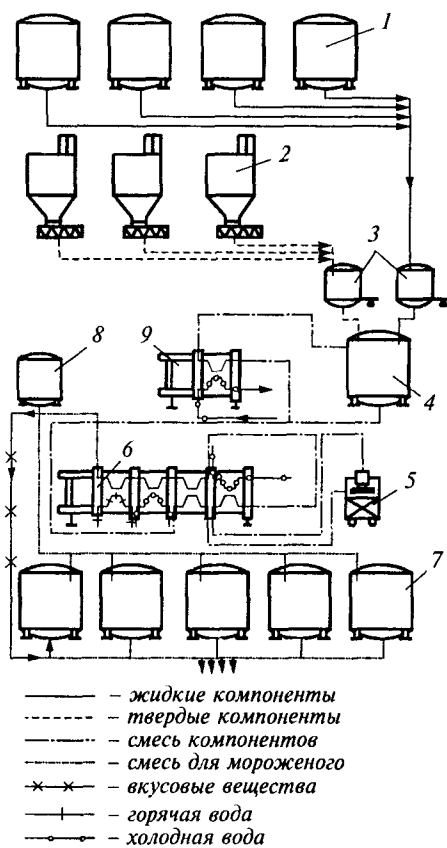


Рис. 4.11. Машинно-аппаратурная схема линии производства мороженого

Пюре из плодов получают в варочных котлах, а также в протирочной машине. Для хранения смесей используют изотермические емкости вместимостью 2000...10 000 л.

Жидкие компоненты дозируются насосами-дозаторами, а сыпучие — специальными весовыми бункерами 3.

Полученная в емкости для смешивания 4 смесь сначала фильтруется, а затем подвергается пастеризации.

Фильтрация смесей осуществляется на цилиндрических фильтрах, имеющих две камеры, которые работают поочередно. Производительность фильтров 2000...4600 кг/ч, давление фильтрации 0,2...0,25 МПа.

После фильтрации смесь поступает на пастеризацию. В пластинчатых пастеризационных установках 6 смесь пастеризуется при температуре 80...85 °С с выдержкой 50...60 с, а в трубчатых — при аналогичной температуре или при температуре 92...95 °С без выдержки.

Для улучшения структуры мороженого и уменьшения отстаивания жира при фризеровании проводится гомогенизация в гомогенизаторах 5 жиросодержащих смесей при температуре, близкой к температуре пастеризации. При одноступенчатой гомогенизации применяют давление от 12,5 до 15 МПа для молочной смеси, от 10 до 12,5 МПа для сливочной смеси и от 7 до 9 МПа для пломбира.

После гомогенизации смесь охлаждается до 2...6 °С в пластинчатых охладителях 9. Применение агара, агароида и других равноценных стабилизаторов позволяет перерабатывать охлажденную смесь без дальнейшей выдержки. При использовании желатина смесь требуется выдерживать в течение 4...12 ч (созревание смеси). В процессе созревания в результате связывания воды стабилизатором и белками увеличивается вязкость смеси. Общая длительность созревания смеси не должна превышать 24 ч. Затем смесь поступает на фризерование.

При этом преследуются две цели: насыщение смеси воздухом и ее замораживание.

Степень насыщения смеси воздухом оценивается по взбитости, которая представляет собой отношение объема воздуха в мороженом к первоначальному объему смеси, выраженное в процентах. Минимальная взбитость должна быть не ниже 50 % (молочное мороженое), 60 % (сливочное мороженое и пломбир), 35...40 % (плодово-ягодное мороженое). Взбитость повышается при увеличении содержания СОМО, количества стабилизатора и дисперсности жира, а также при уменьшении содержания жира и сахара. Смесей, приготовленные с использованием сухих молочных продуктов, взбиваются лучше, чем с применением жидкого молока. Взбитость мороженого зависит также от конструктивных особенностей фризеров. В хорошо взбитом мороженом средний размер воздушных пузырьков не должен превышать 60...70 мкм. При взбитости 100 % в 1 г мороженого содержится около 8,3 млн. воздушных пузырьков с общей площадью поверхности 0,1 м<sup>2</sup>.

Начальная температура замораживания смеси мороженого составляет -2,0...-3,5 °С. Температура смеси при выходе из фризера обычно устанавливается -5...-7 °С.

Вымороженная вода образует кристаллы, средний размер которых в мороженом составляет 50...100 мкм. Получение более крупных кристаллов нежелательно, так как они ощущаются на вкус и ухудшают структуру продукта. Главными условиями получения мелких кристаллов являются хорошее перемешивание смеси в процессе замораживания и высокая скорость охлаждения.

Мороженое, вышедшее из фризера, по консистенции и внешнему виду напоминает крем. После фризирования мороженое фасуется и замораживается (закаливается) до -15...-18 °С. Закаливание следует осуществлять интенсивно, чтобы не допустить увеличения размеров кристаллов льда более чем до 60...80 мкм.

Мороженое фасуется в брикеты на вафлях по 100 г, стаканчики из вафель и бумажные по 100 г, вафельные рожки по 100 г, пачки по 250 г и брикеты на палочке (эскимо) по 50 и 100 г. Торты из мороженого выпускают массой 0,25...3,0 кг, кексы 0,5...1,0 и пирожные 0,1 кг.

Готовое мороженое хранится в холодильных камерах при температуре воздуха  $-20...-23$  °С. Допустимые колебания температуры не должны превышать  $\pm 2$  °С. Резкие колебания температуры мороженого приводят к укрупнению в нем кристаллов льда, в результате чего ухудшается его качество.

Допустимая продолжительность хранения 1,0...1,5 мес (молочное мороженое), 1,5...2,0 мес (сливочное) и 2...3 мес (пломбир). Длительность хранения снижается для мороженого с повышенным содержанием влаги, мелкофасованного и при наличии наполнителя.

#### 4.10. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНЫХ КОНСЕРВОВ

**Характеристика продукции, сырья и полуфабрикатов.** Рыбные консервы — пищевые продукты, уложенные в герметичную тару и стерилизованные нагревом до температуры, достаточной для подавления жизнедеятельности микроорганизмов. Различают следующие виды рыбных консервов:

- натуральные консервы из рыбы в собственном соку, бульоне или желе;
- консервы в томатном соусе из обжаренной, бланшированной, подсушенной или сырой рыбы;
- консервы в масле из копченой, бланшированной, подсушенной или обжаренной рыбы;
- рыбоовощные консервы, в состав которых наряду с рыбой входят обжаренные овощи;
- рыбные тефтели, паштеты и фарш;
- нестерилизованные рыбные консервы (пресервы).

Натуральные рыбные консервы изготавливают из свежей, охлажденной или мороженой рыбы. Во всех случаях рыбу разделяют на куски или используют цельные тушки, которые плотно укладывают в банки. При выработке консервов из лососевых рыб (кета, горбуша, нерпа, чавыча, голец и др.), скумбрии, палтуса, сельди и тресковой печени в банки с рыбой добавляют горький и душистый перец, лавровый лист. При изготовлении консервов из скумбрии ее бланшируют паром при температуре  $90...95$  °С в течение  $15...20$  мин, в банки добавляют бульон, сваренный из получаемых при разделке этой рыбы голов и прихвостовых кусочков. Натуральные консервы из рыб, имеющих нежное мясо (салака, сайра, угорь и др.), вырабатывают в желе для сохранения целостности кусков рыбы и придания готовой продукции хорошего товарного вида.

Для приготовления рыбных консервов используют банки, сделанные из жести, алюминия или стекла. Банки из металла делают цилиндрической, овальной, эллиптической и прямоугольной формы, а стеклянные — только цилиндрической. Для изготовления жестяной тары используется жесь толщиной  $0,2...0,22$  мм, покрытая оловом (белая жесь).

**Особенности производства и потребления готовой продукции.** На производство натуральных консервов направляют только свежее или охлажденное сырье не ниже 1-го сорта. Недостатком этих консервов считают потерю механической прочности после стерилизации, поэтому наиболее ценные консервы из лососевых рыб можно готовить только в железирующих заливках. Заливка при застывании склеивает куски и сохраняет их целостность при транспортировании.

Вся выловленная рыба проходит выдержку в специальных бункерах с пересыпкой льдом общим слоем до 0,8 м при температуре рыбы 1,5...4 °С. После выдержки рыбу разделяют, удаляя все внутренности и несъедобные части, отделяя голову и отрезая плавники. Головы рекомендуется удалять на головоотсекающих машинах, а икру извлекать вручную. У океанических рыб разрешается оставлять чешую, а у скумбрии и ставриды срезают боковые и хвостовые жучки.

Для разделки на автоматах рыба должна быть рассортирована по размеру. После разделки на автоматах во всех случаях необходима ее ручная доработка и мойка. При этом количество отходов колеблется в пределах 1,5...6,0 % в зависимости от точности работы автомата.

Подготовленную тушку режут на рыборезке на куски, соответствующие высоте банки, и их укладывают в нее с одновременным дозированием соли. Нормой считают 345 г рыбы и 5 г соли в учетную банку. При изготовлении натуральных консервов из ставриды и скумбрии в банку дополнительно вносят перец горький и душистый по одной горошине на банку и лавровый лист площадью 4 см<sup>2</sup>.

Пройдя контроль массы и укладки, наполненные рыбой банки поступают для герметизации на вакуум-закаточную машину, а затем на стерилизацию. Стерилизуют натуральные консервы при температуре 112 °С в течение 80 мин или при температуре 120 °С в течение 40 мин.

Порядок приготовления натуральных консервов с добавлением бульона (в железирующих заливках) аналогичен процессу приготовления натуральных консервов без добавок. Норма закладки рыбы 240...280 г на четную банку, а остальные (до 350 г) — заливка.

Для приготовления железирующего бульона используют отходы от разделки рыбы (головы, плавники, кости). На 1000 учетных банок расходуют около 70 кг отходов. Отходы моют, заливают водой и варят до полного разваривания. Полученный бульон фильтруют и добавляют в соответствии с рецептурой компоненты (в том числе уксусную кислоту, соль, сахар и агар). Агар используется с целью увеличения клейкости и прочности желеобразного студня. Бульон с внесенными компонентами вновь нагревается и подается на заливку. Банки герметизируют и стерилизуют при температуре 112 °С в течение 65 мин.

Технология приготовления натуральных консервов с добавлением масла такая же, как и натуральных без добавок и с добавлением бульона. Рыбу нагревают в банках до температуры 100 °С, не сливая бульона, и добавляют масло. Норма закладки рыбы составляет 335 г, масла 10 г и соли 5 г на учетную банку. Банки герметизируют и стерилизуют при температуре 112 °С.

В процессе хранения консервов на складе происходит их созревание, заключающееся в равномерном распределении соли в содержимом банки и впитывании в ткани рыбы выделившегося бульона. Минимальный срок созревания — один месяц.

**Стадии технологического процесса.** Основными стадиями производства натуральных рыбных консервов являются:

- разделка и мойка рыбы;
- порционирование (резание на куски);
- прошпаривание банок;
- фасование рыбы и посол;
- эксгаустирование и закатка банок;
- стерилизация;
- охлаждение и хранение.



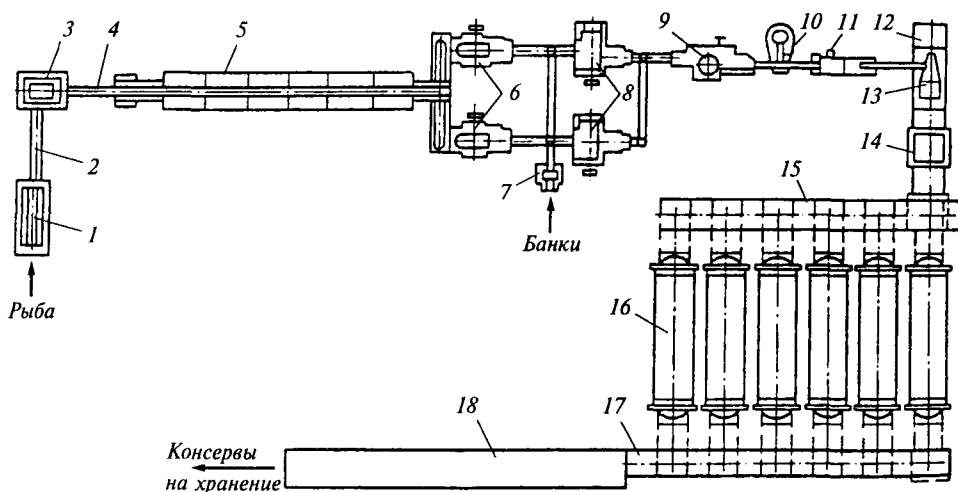


Рис. 4.12. Машинно-аппаратурная схема линии производства рыбных консервов

**Характеристика комплексов оборудования.** Линия начинается с комплекса оборудования для разделки и мойки рыбы, в состав которого входят головотсекающая машина, рыбобороздочный автомат (с вакуумным всасыванием внутренностей), моющие машины (роторного, вентиляторного и конвейерного типов).

В состав линии входит комплекс оборудования для порционирования рыбы, состоящий из порционирующих машин, а также комплекс оборудования для прошпаривания банок.

Ведущим является комплекс оборудования для фасования и посола рыбы, в состав которого входят набивочные машины и соледозаторы.

Далее следует комплекс оборудования для эксгаустирования и закатки банок, состоящий из вакуум-закаточных машин.

Завершающим является комплекс оборудования для стерилизации консервов, состоящий из автоклавов периодического или непрерывного действия.

Далее следует финишный комплекс оборудования для охлаждения и хранения готовой продукции, состоящий из транспортера, охладителя, конвейера и склада.

На рис. 4.12 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства рыбных консервов.

**Устройство и принцип действия линии.** Рыбу разделяют на этой линии в два приема. Вначале на головотсекающей машине 1 от рыбы отделяют голову и на конвейере 2 через образовавшийся срез вынимают ястыки с икрой. Затем на рыбобороздочном автомате 3 с нее срезают плавники, вскрывают брюшко и вынимают внутренности.

Из рыбобороздочного автомата 3 тушки рыбы поступают на мойщик транспортер 4, а затем в порционирующую машину 6 через столы 5 для зачистки рыбы. В порционирующей машине 6 тушки рыбы режут на куски, соответствующие размеру банок. Куски рыбы передаются на набивочные автоматы 8, которые засыпают солью и пряностями в предварительно прошпаренные банки в шпарильном автомате 7, а затем укладывают в них рыбу срезами кусков вверх.

При выходе из набивочных автоматов 8 банки с рыбой подаются на предварительную закатку в клинчер 9, а затем на вакуум-закаточный автомат 10. Закатанные банки по транспортеру попадают в моечную машину 11 и затем укладываются на однорядные сетки 12.

Сетки с банкоукладчиком 13 устанавливают на вагонетки 14 и по рельсовому пути 15 вкатывают в горизонтальные аппараты 16 для стерилизации. Стерилизованные консервы подвергают горячему контролю на транспортере 17, а затем охлаждают холодной водой в ванне с конвейером 18. Охлажденные консервы направляют на склад для хранения и отправки на реализацию.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Особенностью линий комбинированной переработки сельхозсырья является комплексное использование процессов разборки сырья с последующей его сборкой по определенным рецептурам для образования многокомпонентных пищевых сред.*

*2. Комплексы, составляющие линии комбинированной переработки сельхозсырья, представлены оборудованием для изготовления готовой продукции, для получения окончательного полуфабриката, а также для образования промежуточных полуфабрикатов из исходного сырья.*

*3. Ведущими операциями технологий комбинированной переработки сельхозсырья являются операции его подготовки, соединения компонентов, формирования и упаковки.*

*4. Линии будущего определяются не только направлениями, характерными для линий первичной и вторичной переработки сельскохозяйственного сырья, но и созданием такого оборудования, которое позволяет значительно сжать технологический цикл в пространстве и во времени.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что Вы понимаете под комбинированной переработкой сельхозсырья?
2. Что Вы вкладываете в понятие «ведущий комплекс оборудования» в линии производства кукурузных хлопьев?
3. Какие стадии технологического процесса составляют основу производства сушеного картофеля и овощей?
4. Какие требования предъявляются к оборудованию и их комплексам в линии производства сушеного картофеля и овощей?
5. Каковы особенности производства и потребления овсяных диетических продуктов?
6. Что является исходным сырьем в производстве овсяных диетических продуктов?
7. Каковы особенности готовой продукции сырья и полуфабрикатов в производстве жареного и растворимого кофе?
8. Чем отличаются стадии технологического процесса в производстве жареного и растворимого кофе?
9. В чем заключаются особенности линии для производства плиточного шоколада и какао-порошка?
10. Каковы устройство и принцип действия линии производства плиточного шоколада и какао-порошка?
11. Какой комплекс оборудования является основным в линии производства сливочного масла?
12. Какие способы производства сливочного масла Вы знаете?
13. Что является исходным сырьем в линии производства творога и какие требования к нему предъявляются?
14. Какой способ производства творога является традиционным?
15. Какова классификационная характеристика выпускаемых сыров?
16. Какие машины и аппараты составляют комплекс оборудования для созревания сыра?
17. Какие требования предъявляются к технологическим процессам при производстве мороженого?
18. В чем заключаются особенности производства мороженого?
19. Какие стадии технологического процесса составляют основу производства рыбных консервов?
20. Какой комплекс оборудования является ведущим в линии производства рыбных консервов?

**ЧАСТЬ II**

**МАШИНЫ И АППАРАТЫ -  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ  
ПИЩЕВЫХ СРЕД**

*В этой части учебника машины и аппараты представлены как преобразователи пищевых сред. За границами учебного материала осталось многочисленное и разнообразное оборудование, назначение которого непосредственно не связано с преобразованием пищевых сред. К этому оборудованию относятся конвейеры самых различных конструкций, технологические трубопроводы, паро- и воздухопроводы, насосы, приборы для контроля и регулирования технологических процессов, другие виды устройств, обеспечивающие так называемые связи технологических систем.*

*При рассмотрении конструкций машин и аппаратов необходимо иметь в виду, что процессы, протекающие в них, представляют собой лишь элементы технологической системы, которые только вместе со связями образуют эффективно функционирующий технологический поток.*

# РАЗДЕЛ А

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Механические процессы* в машинах и аппаратах пищевых производств основаны на законах механики твердого тела и реологических закономерностях деформирования пищевых сред. В зависимости от технологических свойств исходного сельскохозяйственного сырья можно различить следующие механические процессы: очистки от примесей, сепарирования и сортирования, очистки растительного и животного сырья от наружного покрова, измельчения пищевого сырья, сортирования и обогащения сыпучих продуктов, смешивания и формирования высоковязких и сыпучих пищевых сред.

*Гидромеханические процессы* преобразования сырья в продукт имеют в своей основе законы механики твердого тела и законы гидравлики. К ним относятся процессы в оборудовании для мойки сырья и тары, разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред, смешивания жидких пищевых сред.

### Глава 5

#### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ТАРЫ

В этой главе приведено научное обеспечение процесса мойки сырья и тары, классификация оборудования для осуществления этих процессов, дано описание основных типов конструкций моечных машин. Приведенные методики инженерных расчетов позволяют выявить основные факторы, влияющие на эффективность протекания процессов в этих машинах, и указать перспективные направления совершенствования их конструкций.

##### 5.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ТАРЫ

Для подавления жизнедеятельности микроорганизмов, входящих, как правило, в состав загрязнений, тара перед заполнением консервируемым продуктом подвергается дезинфекции. Дезинфекцию отмытых поверхностей проводят осветленным раствором с массовой долей хлорной извести 5 % или раствором с массовой долей гидроксида NaOH — 0,5 % или хлорамином.

Для мойки используются следующие моющие средства: анионо- и катионоактивные, амфолитные и неионогенные. Моющий раствор должен обеспечить смачивание поверхностей, диспергирование загрязнений (набухание, пептизация и дробление бел-

ковых веществ, омыление жиров) и стабилизацию отделившихся от поверхности загрязнений в моющем растворе. Смачивание отмываемых поверхностей зависит от поверхностного натяжения моющего и межфазного раствора и межфазного натяжения на границе жидкость–твердое тело. Наиболее эффективное смачивание и мойка обеспечиваются при минимальном поверхностном натяжении моющего раствора. Для этого используют два метода снижения поверхностного натяжения воды или моющего раствора: тепловой и использующий поверхностно-активные вещества (ПАВ).

В зависимости от вида отмываемых поверхностей в состав моющего раствора входят разные вещества: эмульгирующие жиры и омыляющие жирные кислоты — едкая щелочь; пептизирующие белки и снижающие жесткость воды — тринатрий-фосфат и др.; предотвращающие коррозию металла — жидкое стекло и ПАВ. Количество каждого компонента определяется видом и свойствами отмываемых поверхностей.

Чистота отмываемых поверхностей определяется по отсутствию следов загрязнений, моющих средств и по количеству микроорганизмов на них.

Интенсификация процесса мойки при оптимальной температуре моющего раствора возможна за счет использования более эффективных моющих растворов либо турбулизации моющего раствора у загрязненных поверхностей. Движение моющего раствора у отмываемых поверхностей оказывает механический разрушающий эффект на загрязнения и ускоряет физико-химическое взаимодействие. Оно осуществляется разными способами: турбулизацией моющего раствора воздушным барботированием; механическим перемешиванием моющего раствора лопастями, насадками и т. д.; приведением моющего раствора в колебательное движение с помощью динамических вибраторов или гидродинамических излучателей; турбулизацией моющего раствора затопленными струями и т. д.

К моечным машинам предъявляются следующие требования: высокая степень чистоты отмываемых объектов, исключение порчи сырья или боя и деформации тары, минимальный расход воды и энергии, простота изготовления и обслуживания, высокая эксплуатационная надежность, малые габаритные размеры и масса.

## 5.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время для мойки пищевого растительного сырья, тары и санитарной обработки оборудования применяются моечные машины различных типов и конструкций (рис. 5.1). Они классифицируются следующим образом: в зависимости от характера процесса (непрерывно и периодически действующие); от вида обрабатываемых объектов (для мойки сырья и мойки тары); по типу устройств, перемещающих отмываемые объекты (линейные и барабанные); по способу воздействия моеющей среды (шприцевые, отмочные и отмочно-шприцевые).

Для мойки сырья используется обычно проточная или оборотная водопроводная вода. После отмочки загрязнения с поверхности сырья удаляются щетками или жидкостными струями. Из многообразия моечных машин наибольшее распространение получили лопастные, ленточные, барабанные, вибрационные, комбинированные, элеваторные, щеточные и др. (см. рис. 5.1). Выбор моечной машины определяется структурно-механическими и прочностными свойствами растительного сырья, а также характером и количеством загрязнений на поверхности сырья.

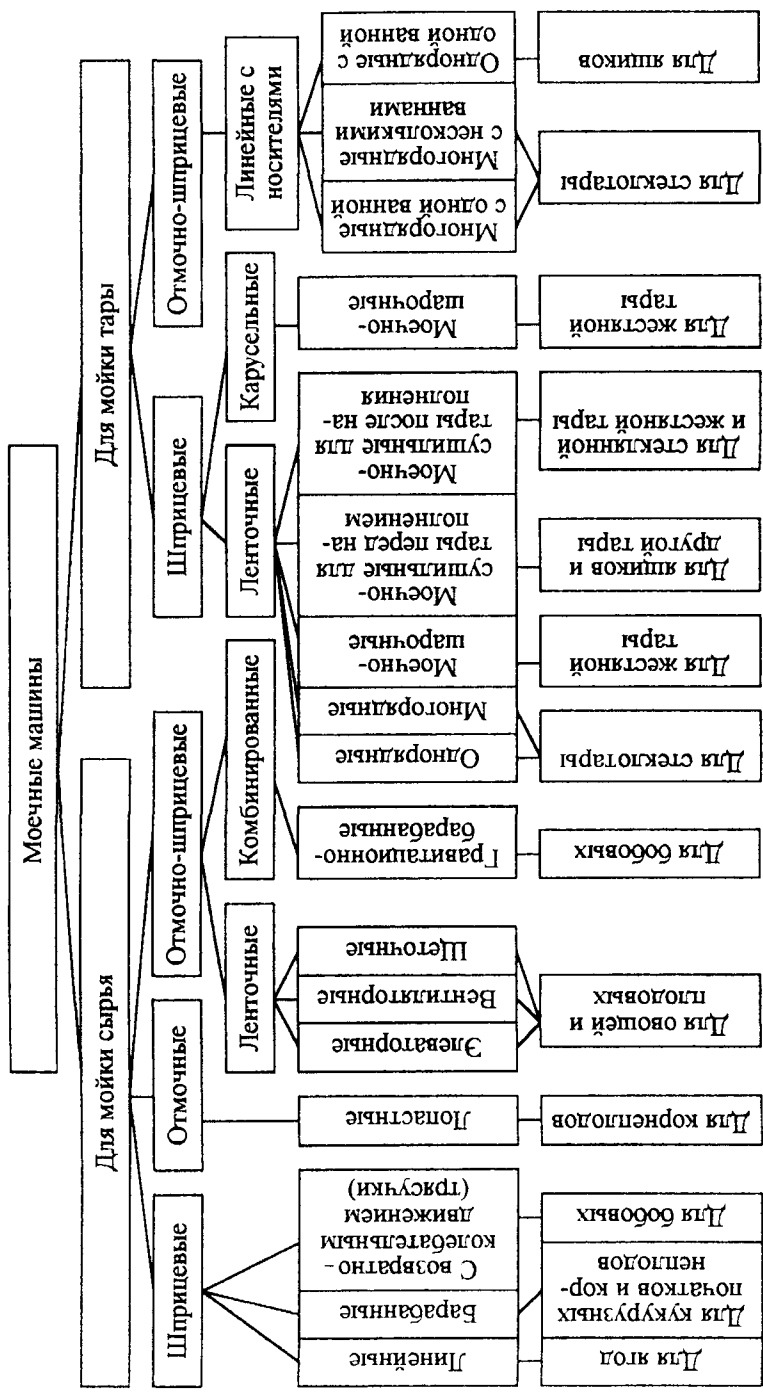


Рис. 5.1. Классификация машин для мойки сырья и тары

Мойку растительного сырья проводят погружением в воду (отмочка), ополаскиванием струями воды из насадок, использованием щеточных устройств, активным перемешиванием. В большинстве моечных машин применяют комбинацию перечисленных способов мойки.

Мойка предусматривает удаление с поверхности сырья остатков земли, песка, посторонних тяжелых и легких примесей (камней, листьев, веток, соломы и др.). Для каждого вида сырья требуется свой способ и режим мойки.

### 5.3. МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ ЗЕРНА

Увлажнение и мойка зерна — это процессы подготовки зерна к помолу. При увлажнении в зерне происходят физико-биологические изменения, в результате которых облегчается отделение оболочек от зерна при незначительных потерях эндосперма; при мойке очищается поверхность зерна, выделяются тяжелые и легкие примеси, щуплые зерна, удаляются микроорганизмы.

Для увлажнения и мойки зерна на мукомольных заводах применяют:

— машины, в которых зерно увлажняют холодной или теплой водой с целью изменения при гидротермической обработке его физических свойств;

— машины для увлажнения зерна паром перед шелушением или плющением при переработке различных культур в крупу;

— машины, которые отделяют примеси, отличающиеся от зерна гидродинамическими свойствами.

Промышленность выпускает два типа увлажнительных машин: водоструйные для добавления воды в капельном состоянии и водораспыливающие для добавления воды в распыленном состоянии, а также комбинированные моечные машины с вертикальной отжимной колонкой.

Более равномерное смачивание поверхности зерна достигается в машинах, в которых вода в зерно добавляется в распыленном состоянии.

В комбинированных моечных машинах вода служит средой для выделения примесей, трудно отделимых при сухом способе очистки зерна. В основу гидросепарации положена разность скоростей падения зерна и примесей в воде.

Целесообразно подавать зерно в моечную ванну в зоне образования восходящих потоков воды, т. е. против направления вращения зерновых шнеков.

**Моечная машина Ж9-БМБ** предназначена для очистки поверхности зерна от пыли, земли, органических и минеральных примесей.

Машина Ж9-БМБ (рис. 5.2) имеет моечную ванну 6, сплавное устройство 4 и отжимную колонку 2. Насосную установку 11 с приводом и клапаном применяют при недостаточном давлении воды. Моечная ванна представляет собой сварную конструкцию с вмонтированными в нее лотками, в которых расположены зерновые 15 и камнеотделительные 16 шнеки. Привод шнеков осуществляют от электродвигателя 7 через клиноременную передачу и редуктор 12. Ванна 6 снабжена выпускным патрубком 5.

Сплавное устройство 4 представляет собой ванну, состоящую из двух секций: лотка для отделения легких примесей от полноценного зерна и канала для выхода воды с пеной из отжимной колонки. Сплавное устройство отделено промежуточной стенкой 17 от моечной ванны 6. Отжимная колонка имеет две чугунные станины, скрепленные между собой четырьмя чугунными стойками.



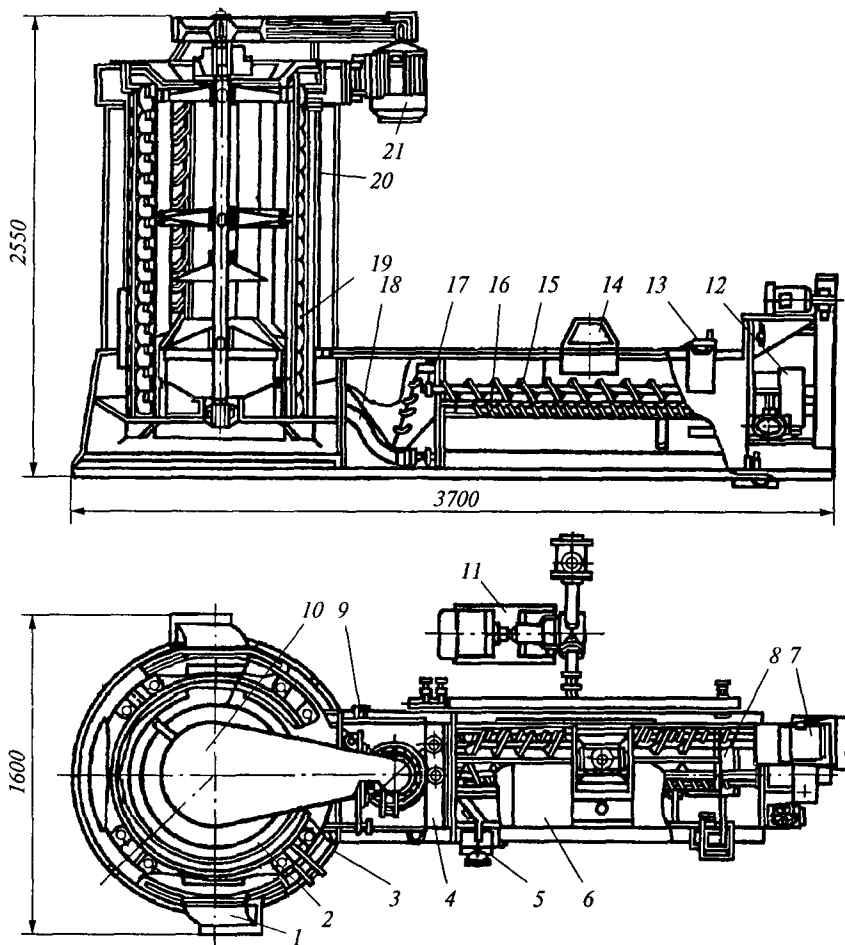


Рис. 5.2. Моечная машина Ж9-БМБ

Внутри машины вмонтирован бичевой барабан, заключенный в ситовую обечайку 20. Лопатки барабана расположены по винтовой линии. Привод барабана — от индивидуального электродвигателя 21 через клиноременную передачу, которая имеет защитное ограждение 10. Из колонки зерно выводится через два выпускных патрубка 1.

Через приемное устройство 14 зерно подается в ванну с водой. Место его установки определяют в процессе эксплуатации (в зависимости от загрязнения зерна). В процессе перемещения шнеками 15 зерна происходит отделение в воде минеральных примесей, отличающихся от зерна плотностью. Удаление минеральных примесей происходит в камнеотделителе 13. Направления движения зерна и минеральных примесей противоположны. Зерно, перемещаемое шнеками 15, оседает в воронке трубы 18 и струей воды, подаваемой из оросителя 3, перемещается в отжимную колонку. Пена, образовавшаяся в колонке, гасится пеногасителями сплавного устройства и частично увлекается водой в канал. Примеси из моечной ванны через воронку 8 и патрубок 9 отводятся в сборник.

В отжимной колонке под действием центробежной силы и вихревых потоков воздуха влажное зерно прижимается к ситовой обечайке и поднимается лопатками барабана 19 к выпускным патрубкам. Из отжимной колонки зерно поступает на дальнейшую обработку.

### Техническая характеристика моечной машины Ж9-БМБ

Производительность, т/ч . . . . .	12
Зерновые шнеки:	
диаметр, мм. . . . .	150
шаг винта, мм. . . . .	150
частота вращения, мин <sup>-1</sup> . . . . .	310
Камнеотделительные шнеки:	
диаметр, мм. . . . .	44
шаг винта (переменный), мм. . . . .	60 и 25
частота вращения, мин <sup>-1</sup> . . . . .	123
Диаметр ситовой обечайки, мм. . . . .	900
Частота вращения бичевого барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	400
Мощность электродвигателя, кВт:	
привода шнеков. . . . .	1,5
отжимной колонки. . . . .	11,0
Расход воды, л/кг. . . . .	0,86
Давление воды в транспортирующих форсунках, кПа. . . . .	100
Увлажнение зерна, %. . . . .	2,2...2,5
Снижение зольности, %. . . . .	0,024...0,039
Эффективность отбора примесей, %:	
органических. . . . .	75...100
минеральных. . . . .	70,8...75,0
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /ч. . . . .	600
Габаритные размеры, мм . . . . .	3700×1600×2550
Масса, кг. . . . .	2900

**Машина А1-БМШ** (рис. 5.3) предназначена для мойки, отжима и шелушения зерна.

Машина А1-БМШ представляет собой разборную металлическую конструкцию. Корпус 9 и траверса 6, выполненные из чугуна и скрепленные между собой тремя пустотелыми металлическими стойками 11, образуют станину машины. К траверсе болтами прикреплена крышка 19, которая вместе с траверсой образует кольцевой канал. Через него продукт выгружается из машины.

Один из основных рабочих органов машины — ротор 15, состоящий из вала и пяти розеток. К ним болтами прикреплены десять бичей, скрепленных внизу стальным кольцом. На каждом биче находится 15 гонков, каждый из которых расположен под углом 40° к горизонтالي. Вверху на пяти бичах расположены чугунные гонки, которые отбрасывают зерно в выпускной патрубок.

На нижних гонках прикреплены регулируемые пластины, а на двух нижних розетках — по пять дополнительных гонков, которые отбрасывают зерно из центра машины в рабочую зону.

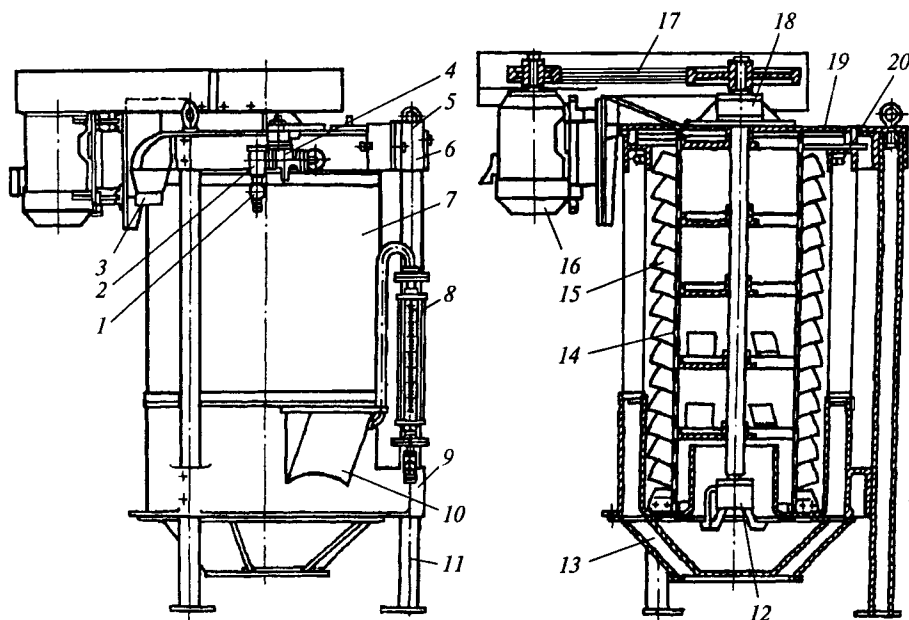


Рис. 5.3. Машина А1-БМШ для мокрого шелушения зерна

Нижняя часть ротора на высоте 300 мм расположена в кольцевом канале (между стенками внутреннего и среднего цилиндров корпуса машины), образующем моющую зону. Вал ротора вращается в верхнем 18 и нижнем 12 подшипниковых узлах. Корпуса последних прикреплены к верхней крышке и основанию корпуса. После сборки ротор балансируют.

Ротор приводится в движение электродвигателем 16 с помощью клиноременной передачи 17. Электродвигатель установлен на сварной плите, шарнирно закрепленной на кронштейне крышки. Натяжение ремней обеспечивают натяжными винтами и поворотом плиты.

Ситовой цилиндр 14 состоит из двух половин, соединенных болтами через две регулировочные планки. Его устанавливают так, чтобы выходная часть чешуйчатых отверстий размером 1,1×10 мм была обращена по направлению вращения ротора. Снаружи зона расположения ситового цилиндра закрыта кожухом 7. В свободное пространство попадают оболочки зерна и отработавшая вода, которые затем удаляются из машины.

С поверхности ситового цилиндра 14 и кожуха проходные частицы удаляются смывающим устройством. Оно состоит из трубчатого пластмассового кольца 20 с двумя рядами отверстий, мембранного вентиля 4 с электромагнитным приводом, фильтра 2, запорного вентиля 1 и выпускного патрубка 3. Периодичность и продолжительность включения воды для смыва устанавливают с помощью прибора 5.

Принцип действия машины заключается в следующем. Зерно через приемный патрубок 10 равномерно подается в моющую зону машины. Одновременно поступает вода. Ее расход контролируют ротаметром 8. Зерно, поданное в нижнюю часть машины, подхватывается гонками и поднимается вверх, проходя зону мойки, отжима и шелушения, камеру выброса. Уровень воды в зоне мойки изменяют установкой

съемной крышки с отверстиями. Избыток воды из моющей зоны отводится через верхний край среднего цилиндра или через отверстия съемной крышки. Зерно в момент подъема под действием центробежной силы, создаваемой ротором, отбрасывается к поверхности ситового цилиндра.

В результате трения зерновок между собой и о чешуйчатое сито поверхность зерна очищается от надорванных оболочек и частично от зародыша и бородки, при этом с поверхности зерна удаляется избыточная влага.

Проходовые частицы, пройдя через отверстия в ситовом цилиндре, падают вниз. Частицы, осевшие на внешней поверхности кожуха, периодически смываются водой и вместе с основной массой отходов через кольцевой конусный канал 13 выводятся из машины.

Пуск машины проводят дистанционно с центрального пульта управления. При необходимости аварийной остановки или для выполнения работ по наладке и регулированию можно остановить и запустить машину с помощью индивидуального кнопочного поста управления.

В корпусе машины (в зоне мойки) устанавливают дверцу с решеткой. Подачу воды в зону увлажнения и мойки регулируют с помощью вентиля перед ротаметром. При этом положение поплавка на шкале ротаметра должно соответствовать фактическому расходу воды. После этого открывают вентиль подачи воды на смывающее устройство. Включение мембранного вентиля происходит автоматически после включения привода в работу. После пуска машины и работы на холостом ходу подают зерно, постепенно увеличивая нагрузку до номинального значения.

Во время работы машины под нагрузкой проверяют влажность зерна. Она должна возрасти по сравнению с первоначальным значением на 1,5...2,0 %. Если увеличение влажности превышает указанные значения, в корпусе устанавливают дверцу без отверстий.

При эксплуатации машины необходимо обеспечить равномерную подачу зерна, постоянство расхода воды, надежную работу смывающего устройства, герметичность соединений, рабочее состояние гидравлического фильтра.

### Техническая характеристика машины А1-БМШ

Производительность, т/ч . . . . .	5...6
Снижение зольности, % . . . . .	0,03...0,04
Увеличение содержания битых зерен, % . . . . .	1,0
Расход воды, л/ч, на:	
мойку . . . . .	1200
смывание оболочистых частиц . . . . .	300
Размеры ситового цилиндра, мм:	
диаметр . . . . .	800
высота . . . . .	900
Зазор между гонками и ситовым цилиндром, мм . . . . .	13...16
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> :	
машины . . . . .	440
электродвигателя . . . . .	960
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	11
Нагрузка на сито, т/(ч·м <sup>2</sup> ) . . . . .	7,7
Габаритные размеры, мм . . . . .	1900×1400×2350
Масса, кг . . . . .	1700

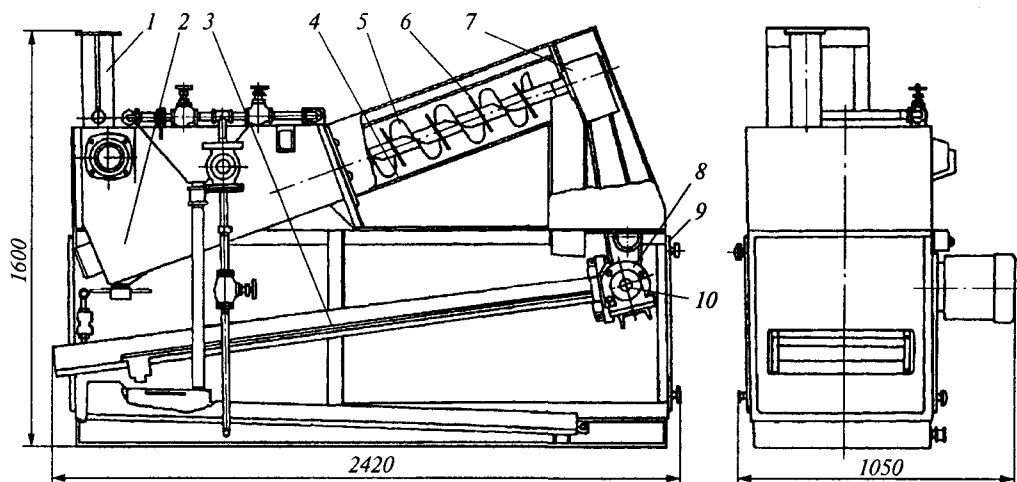


Рис. 5.4. Моечная машина А1-БМГ

**Машина моечная А1-БМГ** (рис. 5.4) предназначена для мойки круп и зернобобовых. В машине осуществляется отбор легких примесей, собственно мойка продукта и удаление мучельной воды с поверхности зерновых.

Моечная машина состоит из станины 9, на которой смонтированы телескопический питатель 1, моечная ванна 2, ситовой кузов 3 и система трубопроводов. Питатель 1 представляет собой две коаксиально установленные трубы, выполненные с возможностью осевого перемещения и с фиксацией в любом положении. Они служат для подачи крупы в воду на любую глубину в зависимости от вида крупы.

Моечная ванна 2 состоит из сварного корпуса 4 из нержавеющей стали и моющего шнека 5 с лопатками 6. Шнек 5 диаметром 220 мм и шагом 180 мм установлен под углом  $20^\circ$  к горизонту, так что его последние витки выходят из воды. В разгрузочной части шнека между витками установлены лопатки 6 для перемешивания крупы. Угол наклона лопаток регулируется в зависимости от требуемой интенсивности моечного процесса. Корпус 4 моечной ванны 2 имеет сливной патрубок для грязной воды с легкими примесями.

Ситовой кузов 3 предназначен для отделения воды от вымытой крупы и от легких примесей и представляет собой сварной каркас из нержавеющей стали, внутри которого установлены две ситовые рамки с металлоткаными ситами. Кузов совершает колебательные движения с частотой 950 кол/мин и амплитудой 1,5 мм, сообщаемые ему эксцентриковым колебателем 10, закрепленным непосредственно на самом кузове. Вода, отделенная от продукта, по поддонам поступает в отводящую систему трубопроводов, расположенных на раме машины.

Электродвигатель 8 устанавливается на раме машины и с помощью муфты соединяется с валом вибратора, а с последнего посредством клиноременной передачи вращение передается червячному редуктору 7, на тихоходном валу которого закрепляется вал шнека моечной ванны.

Моечная машина А1-БМГ работает следующим образом. Крупа подается в питатель 1 машины в зависимости от вида крупы либо на поверхность воды, либо на определенную глубину.

Легкие примеси всплывают и вместе с грязной водой через сливной патрубок поступают на второе сито кузова 3, где от них отделяется вода и примеси выводятся в сборник отходов.

Крупа в моечной ванне 2 перемешивается и транспортируется шнеком 5 к выпускному патрубку, затем поступает на вибросито, где от нее отделяется свободная вода, и выводится из машины.

Техническая характеристика моечной машины А1-БМГ приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Техническая характеристика машин для мойки пищевого растительного сырья

Показатель	А1-БМГ	КУВ-1	КУМ	А9-КМ-2	ММКВ-2000	А9-КЛА/1	Т1-КУН	А9-КМБ-4	КМЦ
Производительность, т/ч	1,5	10	3	3	До 2	3	0,03...0,06	4,0	2,0...2,5
Электродвигатель:									
мощность, кВт	1,5	1,5	1,1	1,1	2,2	3	0,4	4,0	1,1
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	950	1420	1420	1430	1430	40	920	—	950
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	—	10	3	2	2...3	2,9	1	4,0	2,0
Частота вращения рабочего органа, мин <sup>-1</sup>	48	—	—	12	—	25	11; 6,5; 3	—	—
Скорость транспортера, м/с	—	0,174	0,137	—	—	—	—	0,125	—
Габаритные размеры, мм:									
длина	2420	3790	3790	3390	1605	4635	2000	4500	1740
ширина	1055	1545	1130	1270	690	1230	980	1050	936
высота	1600	1880	1840	1600	880	1915	1035	1900	1350
Масса, кг	450	962	672	840	284	1100	330	1050	212

**Инженерные расчеты.** Производительность  $\Pi$  (кг/с) моечных машин периодического действия

$$\Pi = V\rho\alpha/(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3),$$

где  $V$  — вместимость моющей камеры, м<sup>3</sup>;  $\rho$  — насыпная плотность зерна, кг/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  — коэффициент заполнения моющей камеры зерном;  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  — соответственно продолжительность загрузки, мойки и разгрузки, с.

Производительность  $\Pi$  (кг/с) моечных машин непрерывного действия

$$\Pi = S\nu\rho,$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения перемещаемого слоя сырья, м<sup>2</sup>;  $\nu$  — продольная скорость перемещения сырья по моющей камере, м/с;  $\rho$  — насыпная плотность зерна, кг/м<sup>3</sup>.

Производительность  $\Pi$  (кг/с) шнековой моечной машины

$$\Pi = 15\pi(D^2 - d^2)t n \varphi \rho_m k_1,$$

где  $D$  — наружный диаметр шнека, м;  $d$  — диаметр вала, м;  $t$  — шаг шнека, м;  $n$  — частота вращения шнека,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\varphi$  — коэффициент заполнения межвиткового пространства;  $\rho_m$  — насыпная плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_1$  — коэффициент, учитывающий угол наклона продольной оси шнека к горизонтальной плоскости.

Мощность электродвигателя  $N_{\text{дв}}$  (кВт) шнековой моечной машины

$$N_{\text{дв}} = 10^{-2}\Pi(L\omega + H)/K\eta_n,$$

где  $L$  — длина рабочей камеры моечной машины, м;  $\omega$  — коэффициент сопротивления перемещению продукта;  $H$  — высота подъема продукта, м;  $K$  — коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках ( $K = 0,7 \dots 0,8$ );  $\eta_n$  — КПД привода.

#### 5.4. МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Необходимость мойки свеклы от прилипших загрязнений обусловлена предохранением ножей от затупления при ее резке и для предотвращения загрязнения диффузионного сока. Свекла частично отмывается от примесей в гидравлическом транспортере и свеклоподъемных устройствах. Для окончательной очистки свеклы от загрязнений и дополнительного отделения тяжелых и легких примесей применяются свекломойки.

Свекломоечные машины классифицируются на:

- одно- или двухкорпусные с постоянным уровнем воды (КМЗ-57М, КМЗ-61 и др.);
- комбинированные (с двумя уровнями воды) типа СКМ, СКД-6;
- специальные (вибрационные, струйные).

Свекломойки с постоянным уровнем воды (КМЗ-57М) плохо отмывают свеклу, имеющую повышенную загрязненность легкими и тяжелыми примесями. Рекомендуется использовать комбинированные свекломойки, в корпусах которых имеются отделения с пониженным уровнем воды для лучшего отмывания прилипших к поверхности свеклы примесей и отделения с повышенным уровнем воды для лучшего улавливания легких примесей.

Земля и глина легче всего отмываются при интенсивном трении корней друг о друга. Поэтому в начальной стадии мойки свекла должна находиться в скученном состоянии, т. е. в начале корпуса свекломойки должно быть отделение с пониженным уровнем воды.

При перемещении свеклы вдоль корпуса свекломойки, когда в основном загрязнения от свеклы удалены, лучше мыть свеклу в менее скученном состоянии более чистой водой. Для окончательного отделения легких всплывающих примесей зеркало воды над свеклой должно быть спокойным. Для этого в мойке необходимо иметь отделение с высоким уровнем воды, в котором зеркало воды выше уровня свеклы на 300...400 мм.

Отмытые от свеклы земля и глина не должны взмучиваться транспортирующими устройствами — кулаками. С этой целью в нижней части мойки по всей ее длине у нижнего днища устанавливается ложное перфорированное днище. Зазор между наружным и перфорированным днищами составляет 100...150 мм. В пространстве между днищами осаждаются земля, песок и мелкие камни, которые затем через пескочувшки удаляют из свекломойки.

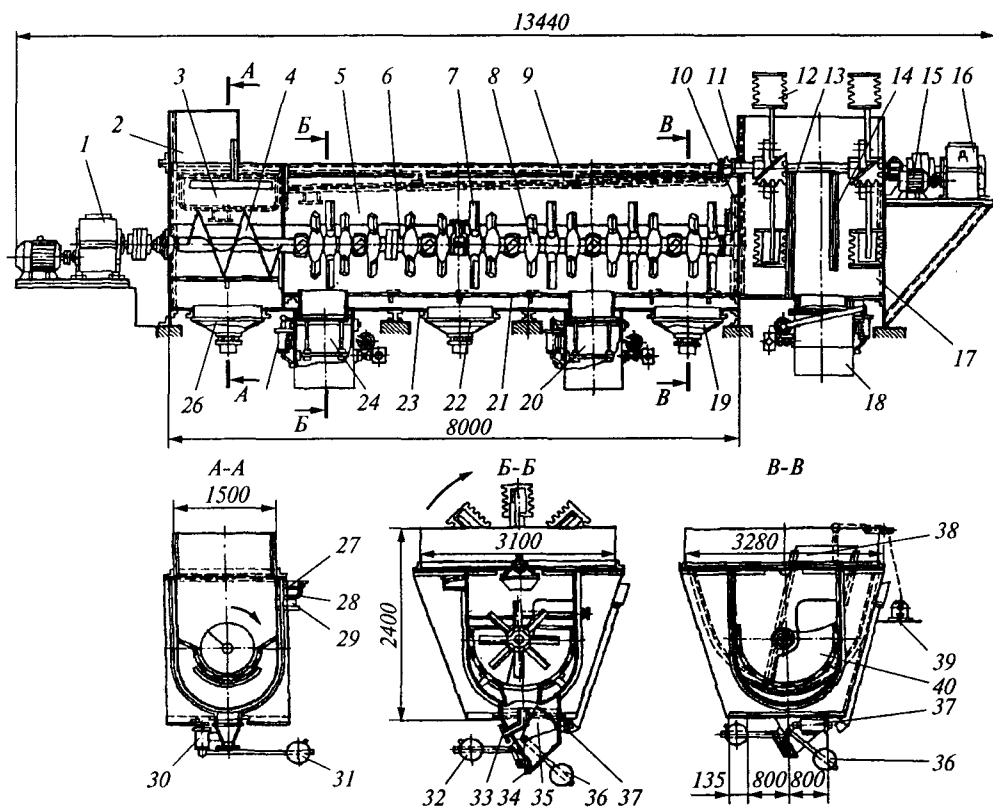


Рис. 5.5. Свекломойка КМЗ-57М

Потери сахара в мочной воде зависят от качества свеклы и времени года. Для сокращения потерь сахара необходимо, чтобы температура воды при мойке была не более 15...18 °С. При повышении температуры воды потери сахара увеличиваются.

**Свекломойки с постоянным уровнем воды.** К этому типу относятся однокорпусные свекломойки, внутри которых расположены один или два вала, и двухкорпусные (КМЗ-61).

Однокорпусные свекломойки отличаются от двухкорпусных устройств камне- и песколовушек, конструкцией выбрасывающих узлов и способом подачи воды.

*Свекломойка КМЗ-57М* (рис. 5.5) состоит из моющей 5 и выбрасывающей 17 частей, разделенных перегородкой 10. Внизу перегородки имеется отверстие 40, размер которого регулируется с помощью лебедки 39.

Внутри моющей части мойки установлен вал 6, на котором в чугунных разъемных муфтах 8 закреплены кулаки 7. Вал состоит из двух частей, соединенных муфтой. В передней части мойки на горизонтальном валу расположен шнек 4. Его назначение — разрыхлять поверхность поступающей в мойку свеклы и способствовать всплыванию на поверхность воды легких примесей. Кулачковый вал приводится во вращательное движение от привода, состоящего из электродвигателя и редуктора 1. Корпус моющей части свекломойки имеет двойное дно: верхнее 21 перфорированное и нижнее 23 сплошное.



Выбрасывающая часть свекломойки разделена перегородками 13 и 14 на три отделения. Перегородка 13 глухая, а перегородка 14 имеет внизу отверстие. В выбрасывающей части установлен вал 11, на котором укреплены ковши 12. Вал приводится во вращательное движение от трехскоростного электродвигателя 15 через редуктор 16.

Для отделения тяжелых примесей от свеклы в моющей и выбрасывающей частях находятся камнеловушки 18, 20 и 24. Камнеловушки представляют собой карманы, нижние отверстия которых имеют крышки 34, открывающиеся с помощью гидроцилиндров 25 и закрывающиеся противовесами 32. Верхнее отверстие камнеловушек закрывается секторообразным шибером 35 с помощью гидроцилиндра 37 и удерживается в открытом состоянии протитивовесом 36. Для того чтобы в камнеловушку вместе с тяжелыми примесями не поступала свекла, по трубе 33 подводится вода под давлением 0,4...0,5 МПа. В рабочем положении камнеловушки секторообразный шибер открыт, а нижняя крышка закрыта. Песок и отмытая земля от свеклы через перфорированное днище моющей части свекломойки поступают в песколловушки 19, 22 и 26, крышки которых при чистке открываются гидроцилиндрами 30 и закрываются противовесами 31.

Принцип действия свекломойки заключается в следующем. Свекла поступает через лоток 2 на шнек и далее — в моечное отделение, где кулаками перемешивается, в результате чего с ее поверхности удаляются загрязнения, и перемещается к выбрасывающей части.

Для лучшего отделения загрязнений с поверхности свеклы кулаки в передней части вала установлены на меньшем расстоянии друг от друга, а для перемещения свеклы к выбрасывающей части они расположены на валу по винтовой линии. Во время перемещения свеклы происходит отделение земли и песка, тяжелых и легких примесей.

Для лучшего удаления песка и земли, накапливающихся между сплошным и перфорированным днищами, через барботеры подают воду во время чистки песколловушек.

Свекла из моечного отделения через отверстие в перегородке 10 поступает в первое отделение выбрасывающей части. Количество поступающей в выбрасывающее отделение свеклы регулируется шибером 38. Свекла из первого отделения выбрасывающей части ковшами 12 перебрасывается во второе отделение, где окончательно ополаскивается чистой водой (загрязненная вода удаляется через сборник 3), и из последнего отделения подается ковшами на водоотделитель. Так как ковши не доходят до дна перебрасывающей части мойки, они не захватывают отделившиеся камни, которые направляются в камнеловушку.

В моющей части свекломойки легкие примеси всплывают на спокойную поверхность воды, которая находится на уровне 300...400 мм выше кулаков. В одной из стенок корпуса свекломойки устанавливают желоб 9 с перфорированным 27 и сплошным 28 днищами. В этот желоб через щели в стенке мойки попадают легкие примеси с поверхности воды при помощи струй воды, вытекающих из отверстия трубы, расположенной у противоположной стороны мойки. Легкие примеси задерживаются на перфорированном днище желоба и периодически удаляются, а вода, поступающая в желоб с примесями, отводится через штуцер 29.

**Комбинированные свекломойки.** В этих свекломойках предусматриваются противоточное движение свеклы и воды, автоматическое поддержание уровня воды, надежное удаление легких всплывающих примесей и удаление мелких осевших примесей по всей длине моющей части свекломойки.

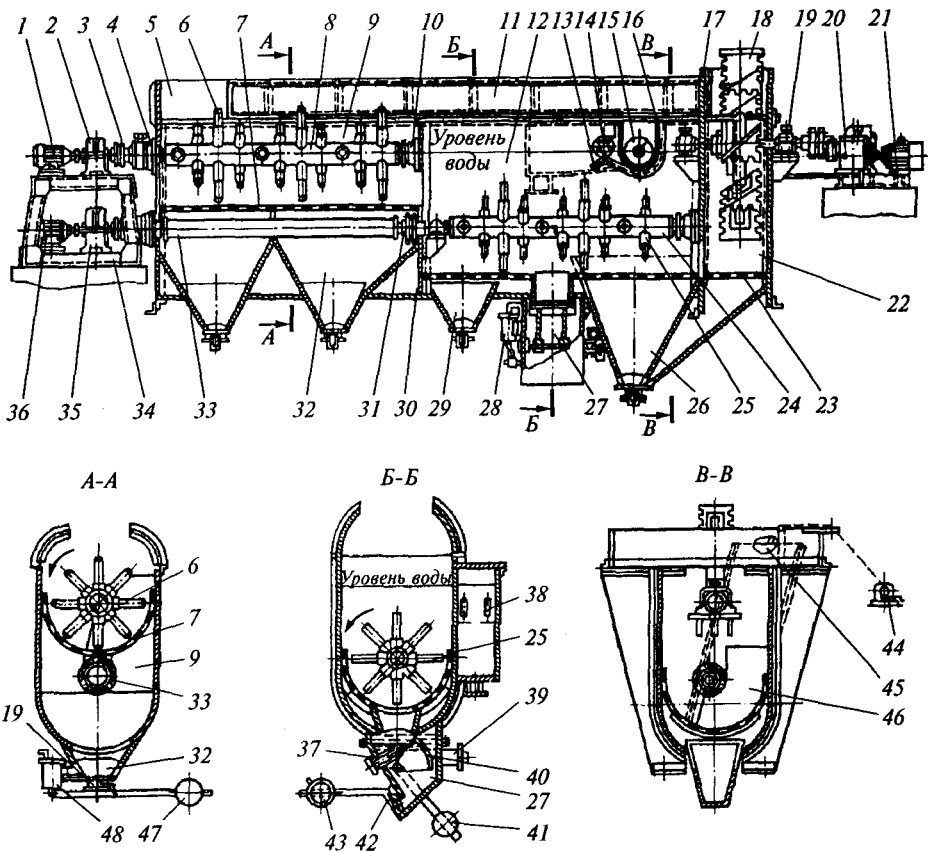


Рис. 5.6. Свекломойка комбинированная КМЗ-М

Свекломойка КМЗ-М (рис. 5.6) значительно проще в конструктивном отношении по сравнению с рассмотренными выше свекломоюками и имеет усовершенствованную конструкцию узла для удаления легких примесей.

Свекломойка КМЗ-М состоит из двух моеющих 9 и 12 и выбрасывающего 22 отделений; электродвигателей 1, 21, 36; редукторов 2, 35; муфт 3, 31; подшипников 4, 10, 19; загрузочного бункера 5; кулаков 6, 25; перфорированных днищ 7, 23; кулачковых валов 8, 24; бортов 11; направляющих планок 13; направляющего барабана 14; шнека 15; корпуса 16 шнека; перегородок 17 и 30; ковшей 18; песколовушек 26, 29, 32; камнеловушки 27; гидроцилиндров 28, 39, 48; промежуточного вала 33; рамы 34 привода; патрубка 37 для подачи воды; желоба 38; секторного шибера 40; противовесов 41, 43, 47; крышки 42; лебедки 44; шибера 45. Над песколовушкой 26 имеется отверстие 46.

Первое моеющее отделение 9 имеет низкий уровень воды, а второе 12 — высокий. В первом отделении установлен кулачковый вал 8, вращающийся в подшипниковых опорах 4 и 10 от электродвигателя 1 через редуктор 2 и муфту 3, а во втором — вал 24, имеющий свой привод. В выбрасывающем отделении на валу имеются ковши 18, которым сообщается вращательное движение от электродвигателя 21 через вариатор 20 и редуктор. Вариатор позволяет изменять производительность ковшей.

Свекла из первого моеющего отделения поступает непосредственно во второе моеющее отделение через отверстие в перегородке, их разделяющей.

Чтобы удалить легкие примеси, всплывающие на поверхность воды, во втором отделении установлена соломоловушка, состоящая из направляющего барабана 14 и шнека 15. Шнек удаляет примеси за пределы мойки.

Уровень воды в свекломойке поддерживается с помощью шибера, прикрывающего отверстия в стенке желоба 38. Для улавливания камней предназначена камнеловушка 27 такого же типа, как и в свекломойке КМЗ-57М. Песок и землю удаляют песколовушками со специальными приемниками, имеющими наклонные стенки. Такая конструкция песколовушек позволяет значительно повысить эффективность удаления песка и земли.

Принцип действия свекломойки такой же, как и свекломойки КМЗ-57М.

*Свекломойка СКД-6* (рис. 5.7) представляет собой двухвальную машину, состоящую из двух моечных отделений 6 и 13 и одного выбрасывающего 20.

Первое отделение с низким уровнем воды предназначено для отмывания корнеплодов свеклы путем интенсивного их перетирания между собой. Во втором отделении с высоким уровнем воды корнеплоды окончательно отмываются и от них отделяются тяжелые и легкие примеси.

Корпуса моечных отделений свекломойки сварные. Днище корпуса под каждым шнеком выполнено в виде полуцилиндра, причем в местах установки песколовушек 23 и 25 оно перфорированное. В отделении с низким уровнем воды песколовушки размещены последовательно, а в отделении с высоким уровнем воды — параллельно (здесь установлена также камнеловушка 22). Крышки камнеловушки и песколовушек открываются периодически с помощью гидроцилиндров 21, управляемых автоматической системой с программным управлением.

В каждом моечном отделении установлено по два трубовала, расположенных параллельно. В первом отделении валы 7 имеют по одной промежуточной опоре 4, смазка которых осуществляется водой, подаваемой под давлением по трубопроводам 5. На каждом валу по винтовой линии приварены цапфы с кулаками 8. Их назначение — отмывать свеклу и транспортировать ее вдоль корпусов свекломойки.

На конце кулачковых валов первого отделения перед торцевой стенкой находятся перебрасывающие сварные лопасти 10 из круглых стальных прутков, при помощи которых свекла из отделения с низким уровнем по лотку 11 направляется во второе отделение. Во втором моечном отделении в опорах 24 установлены два кулачковых вала 15, которые приводятся во вращение от приводов 1 и 12. Каждый привод состоит из электродвигателя, редуктора и зубчатой передачи.

В конце второго отделения расположены выбрасывающие сварные лопасти 17, прикрепленные к разъемной литой ступице 18, которая закреплена на валу, вращающемся в опорах 16. Привод лопастей осуществляется от электродвигателя 19 постоянного тока с тиристорным преобразователем, что позволяет регулировать частоту вращения выбрасывающих лопастей от 0,1 до 7 мин<sup>-1</sup>.

Легкие примеси, всплывающие на поверхность воды во втором отделении, удаляют с помощью соломоловушки 14, состоящей из отбойного барабана и шнека. Уровень воды в первом отделении обычно ниже центра кулачковых валов на 50 мм и поддерживается шибером, находящимся в переливном ящике 3. Ящик 3 имеет щитки 2 для загрузки свеклы. Во втором отделении мойки уровень воды выше кулаков на 400 мм и поддерживается автоматически.

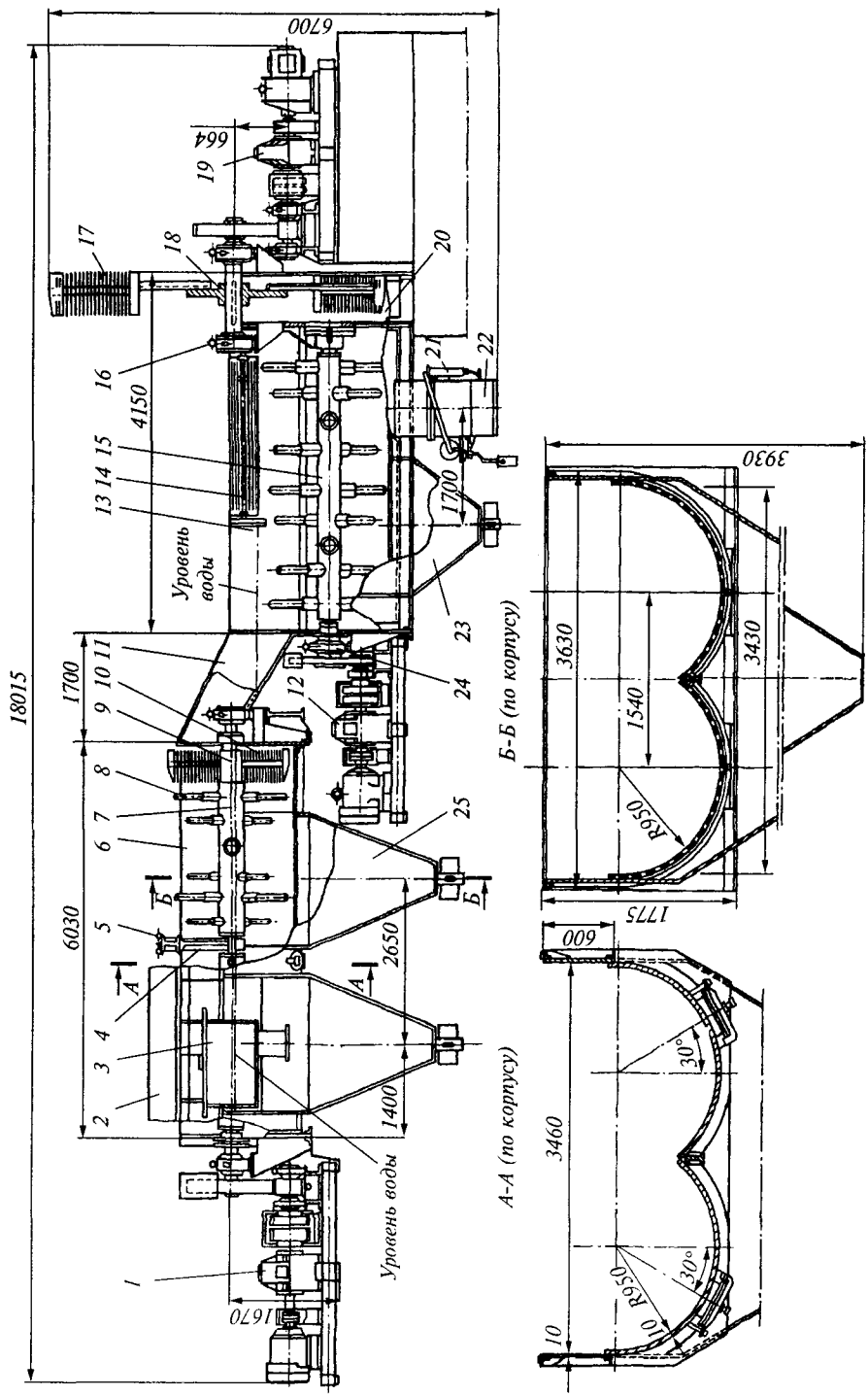


Рис. 5.7. Свекломойка СКД-6

Продолжительность процесса отмыывания свеклы составляет около 340 с. Расход воды при этом составляет 40...45 % от массы свеклы. Техническая характеристика свекломоечных машин приведена в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Техническая характеристика свекломоечных машин

Показатель	КМЗ-57М	СКМ-15-60	КМЗ-М	СКД-6
Производительность по свекле, т/сут	800, 1000	1500	1500	6000
Полезная вместимость, м <sup>3</sup> :				
моющей части	20	22,2	11	52
ковша	0,043	0,043	0,043	Лопасты
Частота вращения кулачкового вала, мин <sup>-1</sup>	20	15	10 и 20	12,8 и 15,2
Мощность электродвигателя, кВт:				
кулачкового вала	14	28	10 и 10	75 и 40
выбрасывающих ковшей	4,5	10	5,5	19,6
соломолушки	—	—	3	1,5
Габаритные размеры, мм:				
длина	13 470	14 775	12 575	18 015
ширина	3 280	3 300	3 760	5 600
высота	4 110	4 800	4 920	6 700
Масса, кг	19 900	28 000	19 118	55 300

Свекломойки с высоким уровнем воды и комбинированные обладают существенными недостатками: они металлоемки, занимают много производственной площади, длительный процесс мойки свеклы в них приводит к значительным потерям сахара в моченых водах, особенно при поврежденной и мороженой свекле.

**Инженерные расчеты.** Производительность свекломойки  $\Pi$  (т/сут) определяется по формуле

$$\Pi = 28,8V\varphi\rho\varepsilon/\tau,$$

где  $V$  — полная вместимость моющей части свекломойки, м<sup>3</sup>;  $\varphi$  — коэффициент заполнения моющей части свеклой;  $\rho$  — насыпная плотность свеклы, кг/м<sup>3</sup>;  $\varepsilon$  — коэффициент использования свекломойки;  $\tau$  — продолжительность пребывания свеклы в машине, с.

Производительность выбрасывающих и перебрасывающих ковшей по свекле  $\Pi_1$  (т/сут)

$$\Pi_1 = 1,44mV_k\varphi n\xi,$$

где  $m$  — количество ковшей, шт.;  $V_k$  — полная вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $\varphi$  — коэффициент заполнения ковша;  $n$  — частота вращения вала ковшей, мин<sup>-1</sup>;  $\xi$  — эксплуатационный коэффициент.

Расход свежей воды, поступающей в свекломолку  $P_0$  (% от массы свеклы)

$$P_0 = 0,01(1000 - q)/q,$$

где  $q$  — количество свеклы, приходящееся на  $1 \text{ м}^3$  полезной вместимости свекломолки;

$$q = mV_{\text{кфр}}/\pi D,$$

где  $D$  — диаметр окружности, описываемой центром тяжести ковшей, м.

### 5.5. МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

**Линейные мочные машины КУМ-1, КУВ-1, КУМ** (рис. 5.8) предназначены для мойки различных овощей и плодов (кроме корнеплодов, для которых требуется предварительная отмочка).

Машины КУМ-1 и КУВ-1 снабжены нагнетателем воздуха, что позволяет мыть овощи и плоды как с мягкой, так и с твердой оболочкой. Машина КУМ, не имеющая нагнетателя воздуха, применяется для первичной мойки слабо загрязненных овощей и плодов с мягкой структурой.

Во всех трех машинах транспортерные цепи, звездочки, подшипники, натяжные устройства, а в мочных машинах КУМ-1 и КУВ-1 и нагнетатель воздуха являются унифицированными.

Каждая мочная машина состоит из ванны 1, транспортерного полотна 2, душевого устройства 3 и привода 4. На каркасе ванны 1 смонтированы все узлы мочных машин.

Транспортерное полотно на машине КУВ-1 выполнено из дюралюминиевых роликов диаметром 75 мм.

Машины КУМ-1 и КУМ укомплектованы роликовым и пластинчатым транспортерными полотнами для работы на мелком продукте. На машине может быть поставлено любое из них.

При работе машин плоды поступают в мочное пространство ванны непрерывно. Для более интенсивной мойки загрязненного продукта в мочной ванне машин КУМ-1 и КУВ-1 создается бурление посредством подводимого от нагнетателя сжатого воздуха.

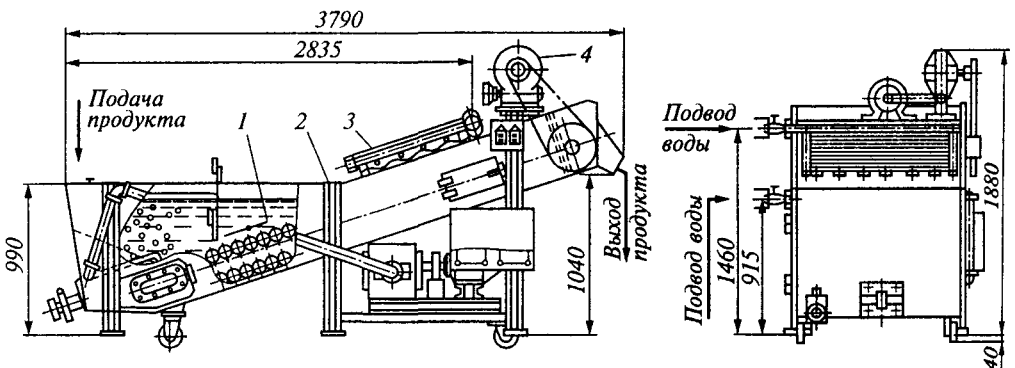


Рис. 5.8. Линейная мочная машина

Вымытый продукт из моечного пространства перемещается наклонным транспортером, в верхней части которого (перед выгрузкой) он ополаскивается водой из душевого устройства. Выгрузка продукта производится через лоток, регулируемый по высоте. Величина слоя продукта, поступающего на транспортерное полотно, в машинах КУМ-1 и КУМ регулируется заслонкой.

Для первоначального наполнения ванны водой на ее боковой стенке предусмотрен патрубок с вентилем. Вода, поступающая в ванну через ополаскивающий душ, удаляется через сливную щель.

В процессе работы машин вода в ванне может периодически обновляться путем слива грязной воды через спускной кран. Чистка ванны производится через грязевой люк и боковые окна. При обработке сильно загрязненных овощей и плодов можно увеличить время их пребывания в зоне отмытки путем периодических остановок транспортера.

Техническая характеристика линейных моечных машин приведена в табл. 5.1.

**Барабанные моечные машины.** Мойка в барабанных моечных машинах осуществляется при вращении барабана путем интенсивного перемешивания сырья и за счет ударов падающего сырья о поверхность воды. Эффективность процесса мойки определяется соотношением сил, действующих на сырье, находящееся в барабане. При малом числе оборотов барабана сырье располагается в его нижней части. С увеличением числа оборотов барабана возрастает угол подъема сырья (в гладких барабанах), и чем число оборотов больше, тем выше подъем, отрыв и высота падения сырья. С увеличением угла подъема эффективность процесса мойки повышается в результате лучшего перемешивания и большей высоты падения сырья. Однако при значительном числе оборотов барабана может наступить такой момент, когда центробежная сила превысит силу тяжести и сырье в течение всего оборота будет прижато к стенкам барабана, т. е. процесс мойки будет нарушен.

Барабан может быть цилиндрическим, коническим, горизонтальным или наклонным. Непрерывно действующие машины изготавливают с наклонно или горизонтально расположенным барабаном. В первом случае сырье продвигается вдоль барабана благодаря наклону, во втором — с помощью спирали или специальных насадок, приваренных к внутренней поверхности барабана, если он цилиндрический, либо за счет конусности.

*Барабанная моечная машина А9-КМ-2* (рис. 5.9) предназначена для мойки твердых плодов и овощей (корнеплодов, груш, яблок и т. д.). Она состоит из каркаса 11 с укрепленной на нем ванной 12, которая разделена перегородкой на две части. В каждой части ванны размещено по барабану 2 и 3, которые одинаковы по длине и диаметру. За барабаном 3 расположен третий барабан 4. Все три барабана приводятся во вращательное движение общим валом 7.

Первые два барабана предназначены для отмочки и отделения загрязнений. На поверхности этих барабанов имеются щели, через которые проходят загрязнения и осаждаются на дне ванны. Загрязнения удаляются из машины через люк 10. Третий барабан предназначен для чистового ополаскивания водой, для чего он снабжен душевым устройством, а его поверхность перфорирована. Привод машины осуществляется от мотор-редуктора 5 через цепную передачу 6. Вода в душевое устройство подается через запорный магнитный вентиль 8, сблокированный с приводным электродвигателем. Сырье в машину подается через приемный лоток 1, из него поступает в барабан 2, затем лопастями перебрасывается сначала в барабан 3, а из него специальным ковшом — в барабан 4. Промытое сырье выгружается из машины через лоток 9.

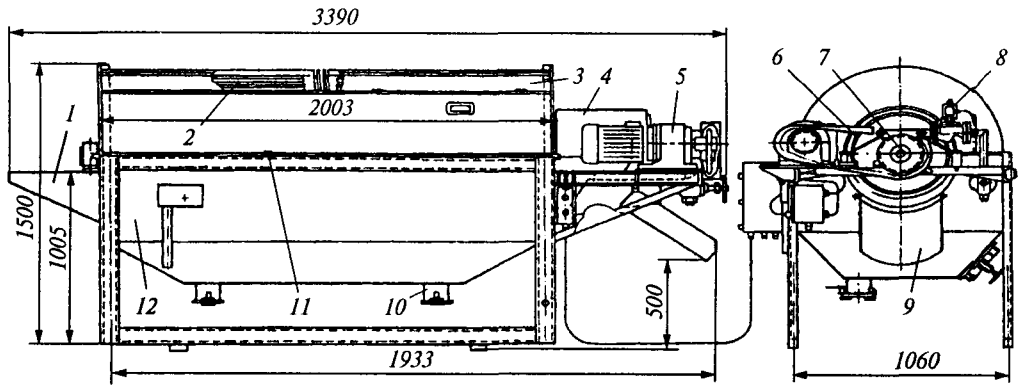


Рис. 5.9. Вибрационная машина ММКВ-2000

Техническая характеристика барабанной моечной машины А9-КМ-2 приведена в табл. 5.1.

**Вибрационная машина ММКВ-2000** предназначена для удаления загрязнений с поверхности клубне- и корнеплодов.

Машина (рис. 5.10) состоит из рамы 1, корпуса 8, душевого устройства 14 и привода.

На раме посредством вертикальных 6 и боковых 5 пружин закреплен основной рабочий орган — корпус машины. Он представляет собой цилиндрический барабан, закрытый с торцов, внутри которого проходит труба со шнеком. Внутри трубы на двух сферических подшипниках установлен вал 9 с дебалансами 10.

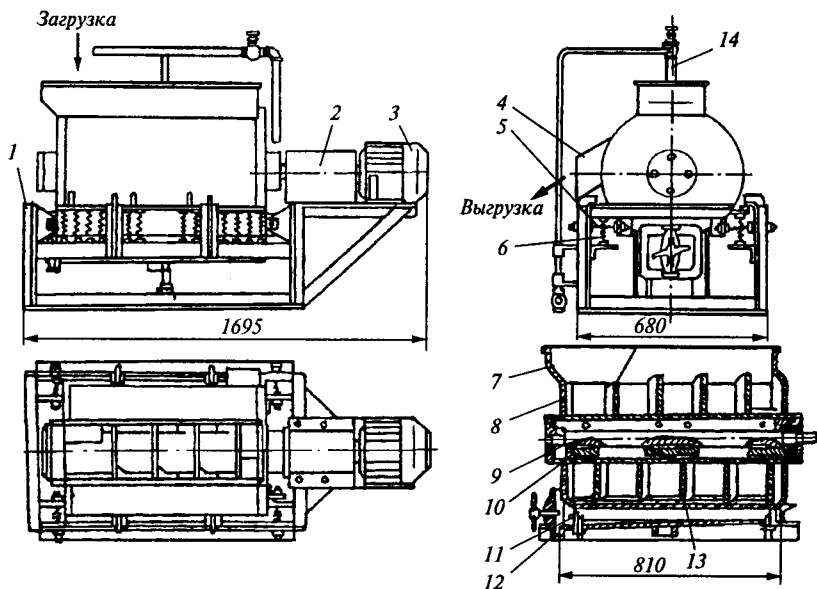


Рис. 5.10. Барабанная моечная машина А9-КМ-2



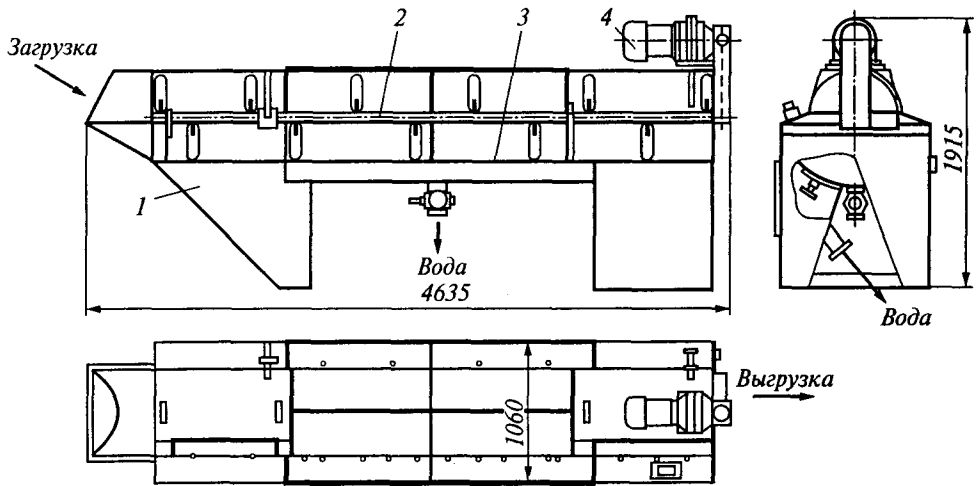


Рис. 5.11. Лопастная моечная машина А9-КЖА/1

В верхней части барабана на участке первого витка шнека находится загрузочный бункер 7, а в передней части, сбоку, — разгрузочный лоток 4. Снизу по всей длине барабана приварен сборник 11 со сливным отверстием для отвода в канализацию грязной воды. В сборник вставлена решетка 13, которая поджимается к виткам шнека винтами. Для периодической очистки машины в сборнике предусмотрен люк 12.

На кронштейне рамы закреплен электродвигатель 3, вал которого соединен с валом машины резиновой муфтой 2. Над корпусом машины установлено душевое устройство, которое крепится к раме.

Центр тяжести размещенного в моечном барабане вала смещен относительно оси вращения с помощью четырех дебалансов, благодаря этому при вращении вала возникает вибрация, сообщаемая моечному барабану. Колебания барабана носят круговой характер, их направление совпадает с направлением вращения вала. Амплитуда колебаний определена массой дебалансов. Поскольку направление вращения вала обратно направлению винтов шнека в моечном барабане, а в машину непрерывно загружается картофель, создающий некоторый подпор в моечном барабане, то находящиеся в нем клубни постепенно продвигаются вдоль него. При продвижении клубни трутся один о другой и о стенки барабана, а также интенсивно обмываются водой, подаваемой в машину из душевого устройства. Вымытые клубни выводятся по разгрузочному люку из моечной машины и направляются на дальнейшую переработку.

Техническая характеристика вибрационной моечной машины ММКВ-2000 приведена в табл. 5.1.

**Машина А9-КЖА/1** (рис. 5.11) предназначена для предварительной мойки корнеплодов.

Машина состоит из станины 1, лопастного вала 2, барабана 3 и привода 4.

Станина включает загрузочный бункер и три отсека: первичной мойки, основной мойки и ополаскивания.

В опоре станины со стороны загрузки находится желоб с люком для слива воды и удаления грязи при мойке машины. Предварительно вода сливается через вентили в канализацию, а затем с помощью рычажной системы открывается сливной люк. В отсеке основной мойки находятся два люка и вентиль для санитарной обработки машины.

Лопастной вал проходит через все три отсека станины, осуществляя перемешивание и перемещение продукта из одного отсека в другой и выгрузку его через загрузочное окно.

Барабан представляет собой перфорированную в нижней части обечайку, установленную в опорах на лопастном валу машины. Он расположен в отсеке основной мойки. Через отверстия в нижней части барабана частицы песка и грязи оседают на дно ванны. Барабан закреплен двумя фиксаторами, которые необходимо отпускать во время санитарной обработки для возможности поворота барабана.

Привод лопастного вала осуществляется от мотор-редуктора и цепной передачи с передаточным отношением, равным 1,6. Натяжение цепи производится за счет подъема подредукторной плиты, один конец которой имеет шарниры, а второй отжимается специальным болтом.

Вода подается в машину через коллектор с запорным мембранным вентилем, который автоматически отключает воду при остановке машины. Подача воды в отсек первичной мойки и отсек ополаскивания регулируется вентилями. Уровень воды в ванне поддерживается переливным патрубком.

Продукт загружается в бункер, а из него лопастями перегружается в отсек первичной мойки. Здесь он перемешивается лопастями и посредством взаимного трения очищается от грязи. Частицы грязи оседают на дно и периодически выводятся из машины через сливной люк.

Конструкция машины предусматривает возможность сухой очистки корнеплодов от грязи. Для этого сливной люк следует открыть полностью, а подачу воды в отсек первичной мойки ограничить до 0,2 м<sup>3</sup>. Необходимость сухой очистки корнеплодов диктуется степенью их загрязнения.

Продукт далее перегружается в центральный отсек (барабан), в котором осуществляется основная мойка. Примеси, пройдя через сетчатую часть барабана, оседают в ванне станины и во время санитарной обработки уплотняются. Затем продукт перегружается в отсек ополаскивания, а оттуда идет на выгрузку.

Техническая характеристика лопастной моечной машины А9-КЛА/1 приведена в табл. 5.1.

**Машина Т1-КУН** предназначена для мойки петрушки, укропа, сельдерея, листьев хрена, мяты.

Машина (рис. 5.12) состоит из станины 1, выбрасывателя 2, выносного транспортера 3 и привода 4.

Станина представляет собой сварную конструкцию из листовой стали. Верхняя часть станины образует ванну, состоящую из двух отсеков предварительной и окончательной мойки. Между отсеками расположен выбрасыватель, состоящий из двух перфорированных пластин, закрепленных на вращающемся валу.

В отсеке окончательной мойки расположен выносной транспортер.

В нижней части станины размещен привод из электродвигателя и редуктора, который через цепную передачу вращает выбрасыватель и выносной транспортер.

Перед началом работы ванна машины наполняется водой. Зелень через окно небольшими порциями загружается в ванну, где потоком воды перемещается к выбрасывателю, который передает ее во второй отсек и затем на выносной транспортер. Здесь зелень ополаскивается и выводится из машины.

Техническая характеристика моечной машины Т1-КУН приведена в табл. 5.1.

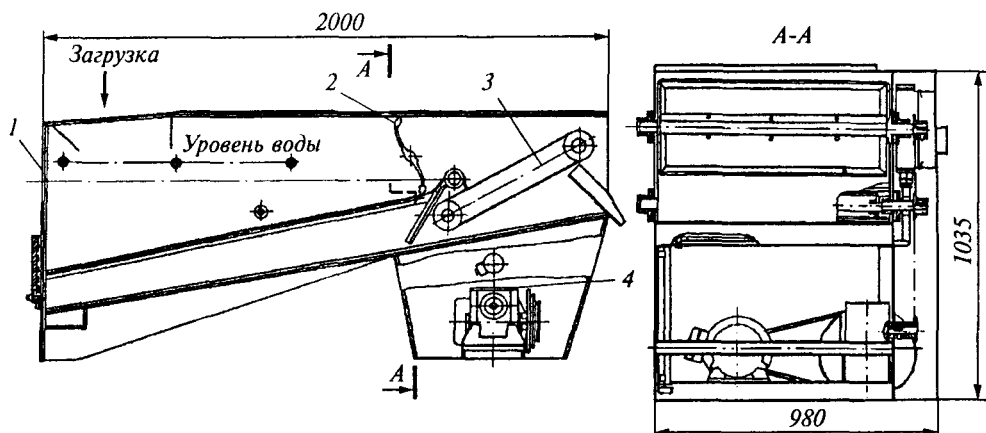


Рис. 5.12. Моечная машина Т1-КУН

**Моечные машины типа А9-КМБ** (рис. 5.13) предназначены для мойки помидоров и другого мягкого по консистенции сырья.

В настоящее время в промышленности используются три типа машин этой марки: А9-КМБ-4, А9-КМБ-8, А9-КМБ-16, которые различаются только по ширине и скорости движения роликового конвейера.

Основой машины служит ванна 1, которая прикреплена к двум спаренным подставкам — передней 14 и задней 10, изготовленным из уголкового проката. Ванна снабжена люком 16 для удаления загрязнений из ванны при санитарной обработке машины и клапаном 15 для периодического удаления загрязнений без остановки машины. В ванне установлены наклонная решетка, роликовый конвейер 3 и воздушный барботер. Роликовый конвейер 3 приводится в движение от мотор-редуктора 8 через цепную передачу 6.

В конце ванны на наклонном участке над роликовым конвейером 3 расположено шприцевальное устройство 4 с насадками 2 для чистого ополаскивания сырья.

Вода в шприцевальное устройство 4 подается через запорный магнитный вентиль 5, заблокированный с приводом машины и прекращающий подачу воды в шприцевальное устройство 4 при остановке машины.

При санитарной обработке машины, а также при ремонте конвейера роликовый конвейер 3 с помощью подъемника 9 поворачивается вокруг оси верхних звездочек и выводится из ванны. Привод подъемника ручной. Для подачи воздуха в барботер на задней подставке 10 установлен вентилятор 12 высокого давления с индивидуальным электродвигателем 11. К воздушному барботеру воздух подается по воздухопроводу 13.

Сырье подается в ванну на наклонную решетку, под которой расположен барботер. Восходящие потоки воздуха приводят в движение сырье в ванне, интенсифицируя отмочку и отделение загрязнений.

С наклонной решетки сырье попадает на роликовый транспортер 3, где продолжается процесс разрушения и отделения загрязнений от сырья за счет трения плодов при их повороте вращающимися роликами конвейера. Сырье при выходе из ванны перед поступлением на лоток 7 ополаскивается струями чистой воды, подаваемыми из насадок 2 шприцевых коллекторов.

Техническая характеристика моечной машины А9-КМБ приведена в табл. 5.1.

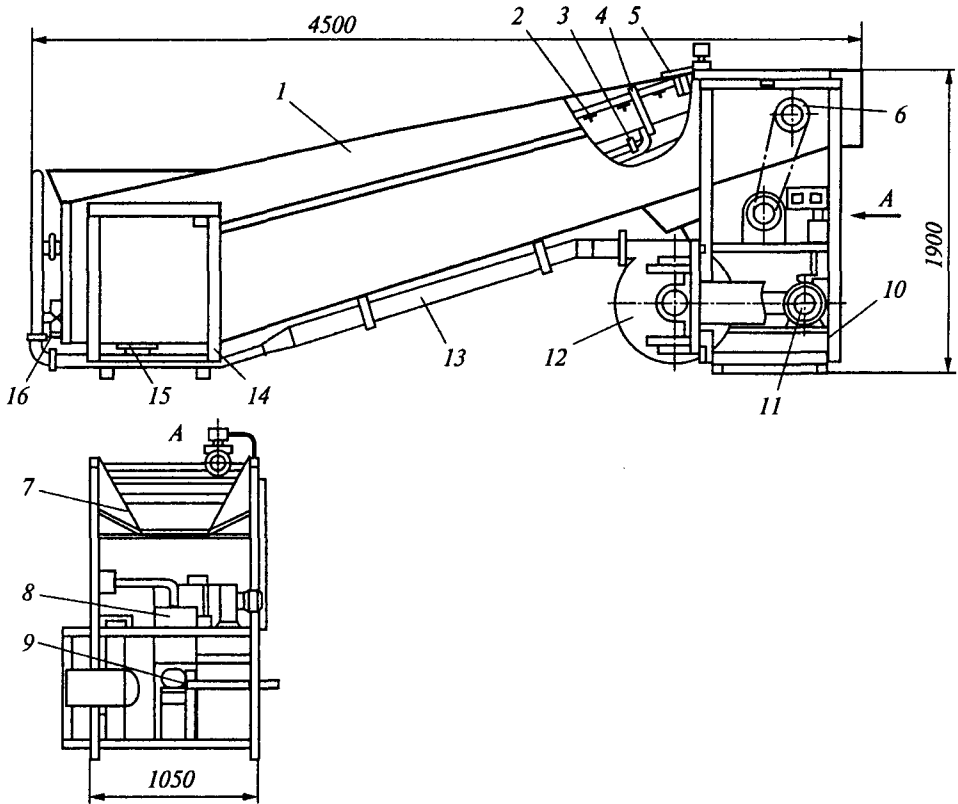


Рис. 5.13. Моечная машина типа А9-КМБ

**Моечно-встряхивающая машина КМЦ** (рис. 5.14) предназначена для мойки овощей и плодов, а также для охлаждения их после тепловой обработки. Она состоит из каркаса 1, душевого коллектора 6, ванны 3 и привода 2.

Каркас имеет четыре стойки с опорными плитами. К каркасу на четырех шарнирных подвесках прикреплено под углом  $5^\circ$  к горизонту сито 4, совершающее возвратно-поступательное движение, которое передается от коленчатого вала.

Над ситом 4 установлен бункер 5 с шибером для регулирования количества подаваемого продукта. Над ситом расположен также душевой коллектор 6 с соплами, а под ним установлена ванна с отверстием для слива отработанной воды.

Техническая характеристика моечно-встряхивающей машины КМЦ приведена в табл. 5.1.

**Инженерные расчеты.** Производительность  $\Pi$  (кг/с) линейных моечных машин определяется производительностью рабочего транспортера

$$\Pi = bh_c \varphi_c \rho_c v_c,$$

где  $b$  — ширина рабочей части транспортера, м;  $h_c$  — высота слоя сырья, м;  $\varphi_c$  — коэффициент использования транспортера;  $\rho_c$  — насыпная плотность сырья,  $\text{кг/м}^3$ ;  $v_c$  — скорость транспортера, м/с.

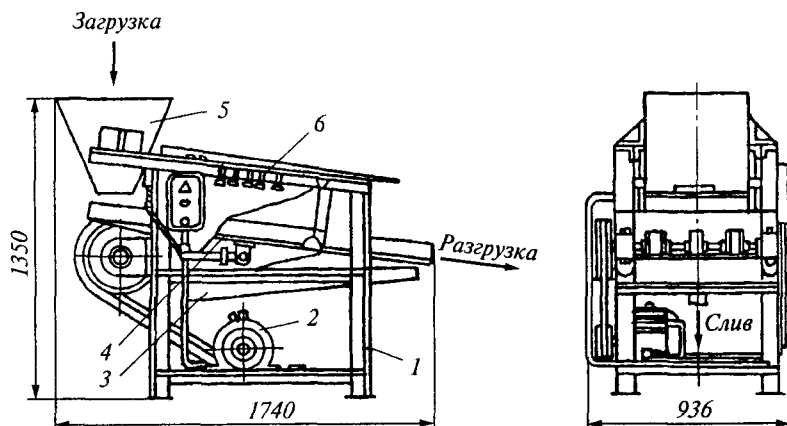


Рис. 5.14. Моечно-встряхивающая машина КМЦ

Время отмочки сырья  $\tau$  (с) определяется полезной вместимостью ванны  $W_{\text{п}}$  ( $\text{м}^3$ )

$$\tau = W_{\text{п}} \rho_c / \Pi.$$

Мощность электродвигателя для привода нагнетателя воздуха  $N_{\text{в}}$  (кВт)

$$N_{\text{в}} = 10^{-3} W_{\text{в}} P_{\text{в}} / \eta_{\text{в}},$$

где  $W_{\text{в}}$  — расход подаваемого воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $P_{\text{в}}$  — необходимый напор, Па;  $\eta_{\text{в}}$  — КПД нагнетателя.

Мощность, необходимая для привода центробежного насоса, подающего жидкость к душевым или шприцевым устройствам  $N_{\text{ж}}$  (кВт)

$$N_{\text{ж}} = 10^{-3} Q_{\text{ж}} P_{\text{ж}} / \eta_{\text{н}},$$

где  $Q_{\text{ж}}$  — расход жидкости,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $P_{\text{ж}}$  — напор жидкости у насоса, Па;  $\eta_{\text{н}}$  — КПД насоса.

Расход жидкости  $Q_{\text{ж}}$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) определяется по формуле

$$Q_{\text{ж}} = (\mu n d^2 / 4) n \sqrt{2 P_{\text{н}} / \rho_{\text{ж}}},$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода;  $d$  — диаметр отверстия барботера, м;  $n$  — количество одинаковых отверстий барботера;  $P_{\text{н}}$  — напор жидкости у отверстия истечения, Па;  $\rho_{\text{ж}}$  — плотность моющей жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Мощность  $N_{\text{тр}}$  (кВт) для привода основного транспортера

$$N_{\text{тр}} = (A_{\text{т}} v_{\text{с}}) / 1000 \eta,$$

где  $v_{\text{с}}$  — скорость транспортера, м/с;  $\eta$  — КПД передаточных механизмов;  $A_{\text{т}}$  — тяговое усилие транспортера, Н;

$$A_{\text{т}} = (0,215 q_0 L_{\text{г}} + 50 + 0,215 q L) g,$$

здесь  $q_0$  — масса полезной нагрузки на 1 м транспортера;  $q$  — масса 1 м транспортера без груза, кг;  $L_{\text{г}}$  — длина нагруженной части транспортера, м;  $L$  — длина транспортера, м;  $g$  — ускорение свободного падения,  $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ .

Наименьшее число оборотов, при котором сырье, находящееся в барабане, не отрываясь от его стенок, начинает вращаться вместе с ним, называется критической частотой барабана моечной машины  $n_{кр}$  ( $\text{мин}^{-1}$ ). Для гладкого барабана

$$n_{кр} = 42,3 / \sqrt{D_6},$$

где  $D_6$  — диаметр барабана, м.

Рабочая частота барабана  $n_p$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) моечной машины меньше критической и определяется по формуле

$$n_p = \varphi_6 n_{кр},$$

где  $\varphi_6$  — опытный коэффициент.

Производительность  $\Pi$  ( $\text{кг/с}$ ) барабанной моечной машины можно определить по уравнению непрерывности потока

$$\Pi = f v_n \varphi' r_c,$$

где  $f$  — площадь поверхности барабана,  $\text{м}^2$ ;  $v_n$  — скорость поступательного движения сырья вдоль барабана,  $\text{м/с}$ ;

$$f = \pi D_6 L_6,$$

$$v_n = k' D_6 \text{tg} \beta n_p / 60,$$

здесь  $\beta$  — угол наклона барабана ( $\beta = 2...3^\circ$ );  $k'$  — коэффициент, учитывающий унос сырья водой и подъем сырья на высоту, меньшую диаметра барабана;  $\varphi'$  — коэффициент заполнения или использования сечения барабана;  $r_c$  — насыпная плотность сырья,  $\text{кг/м}^3$ .

Мощность двигателя  $N$  ( $\text{кВт}$ ) барабанных моечных машин

$$N = 4 \Pi L_6 g / 1000 \text{tg} \beta,$$

где  $\Pi$  — производительность,  $\text{кг/с}$ ;  $L_6$  — длина моечного барабана, м;  $g$  — ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

## 5.6. МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ ТУШ ЖИВОТНЫХ

**Машина К7-ФМВ** (рис. 5.15) применяется для мойки полутуш крупного рогатого скота при мокром туалете в цехах убоя скота и разделки туш и после дефростации в мясоперерабатывающих цехах.

Машина состоит из каркаса 2, привода 4, двух наклонных валов 3, снабженных щетками, вращающимися навстречу друг другу, и душевого устройства 1.

Полутуша, подвешенная на подвесном конвейерном пути, проходит между щетками, очищается и обмывается.

**Моечная машина К7-ФМГ** (рис. 5.16) применяется для мойки туш свиней в шкуре после обескровливания и при мокром туалете.

Моечная машина К7-ФМГ состоит из двух каркасов. Внутри каждого каркаса под углом  $25^\circ$  к горизонтальной плоскости в подшипниках качения установлен щеточный барабан. Ручками в нем закреплены капроновые нити диаметром 1 мм. Привод каждого барабана осуществляется от индивидуального электродвигателя через муфту и редуктор.

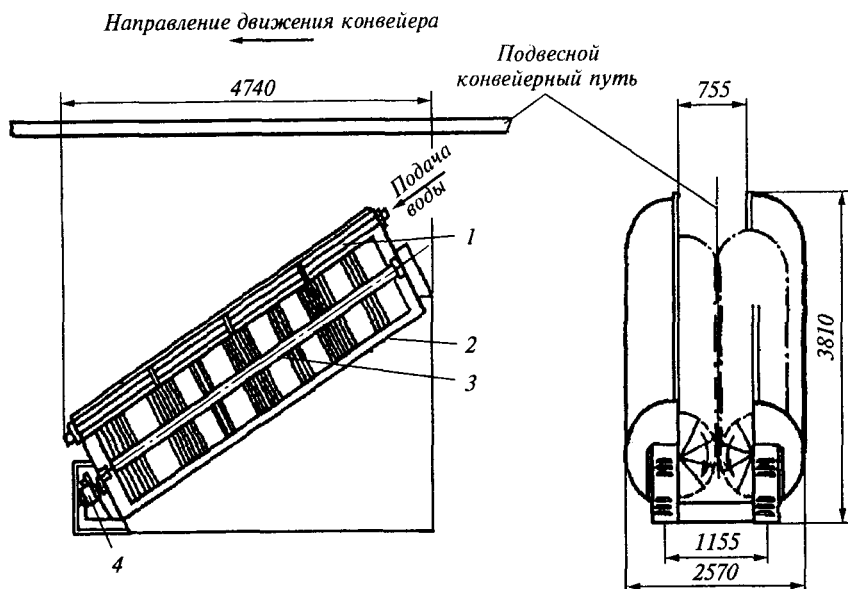


Рис. 5.15. Машина моечная К7-ФМВ для полутуш крупного рогатого скота

Над барабанами 1, 4 установлены оросительные трубы 2 с форсунками, через которые из водопроводной сети подается вода для мойки туш. Снаружи барабаны закрыты кожухами. Барабаны вращаются навстречу друг другу, и при прохождении туши между ними щетками 3 осуществляются мойка и удаление механических загрязнений.

Моечная машина К7-ФМД (рис. 5.17) состоит из двух (правого и левого) сварных каркасов 1. Внутри правого каркаса имеются три горизонтальных барабана 5, представляющих собой вал с резиновыми билами, приводящимися во вращение при-

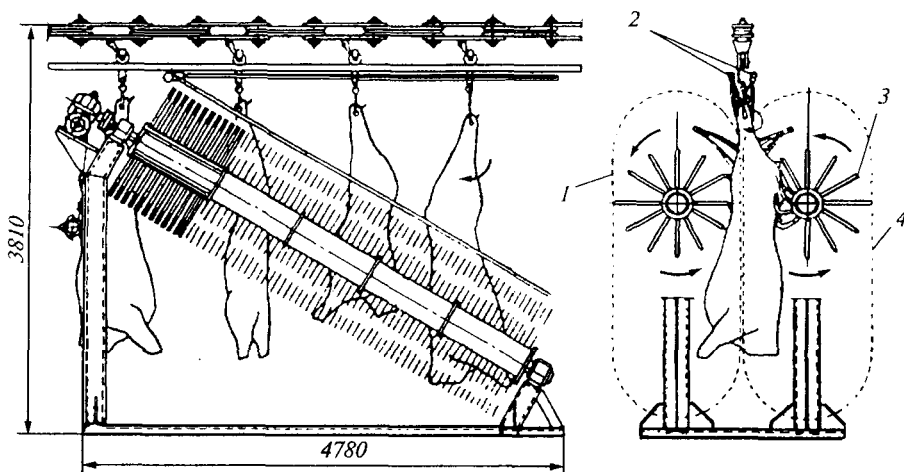


Рис. 5.16. Моечная машина К7-ФМГ для туш свиней в шкуре после обескровливания и при мокром туалете

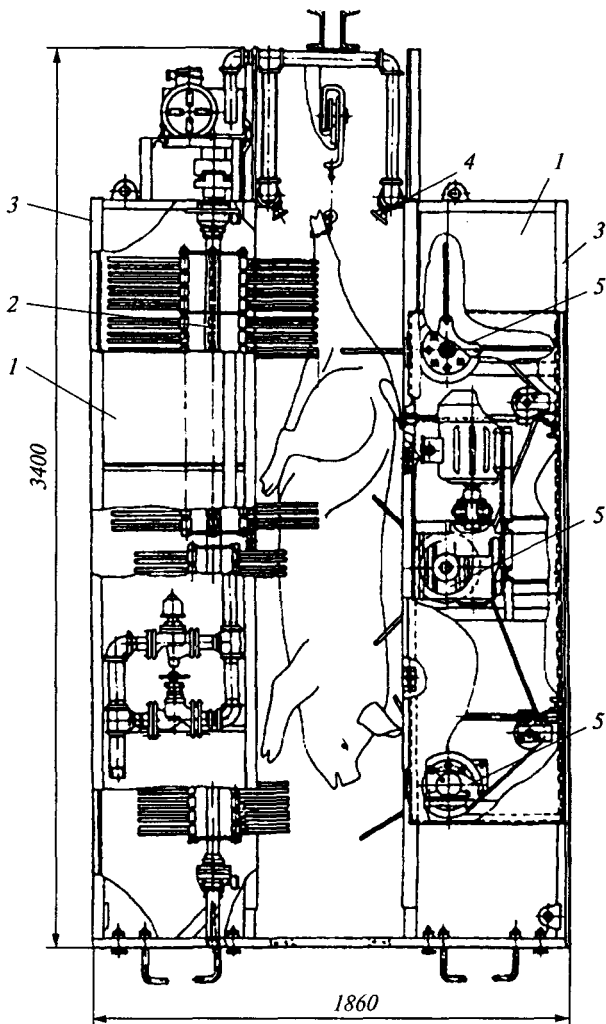


Рис. 5.17. Моечная машина К7-ФМД

водом, расположенным в боковой части каркаса. Средний барабан соединен с редуктором муфтой-шкивом, а два других приводятся в движение через клиноременную передачу. Частота вращения горизонтальных барабанов одинакова. Внутри левого каркаса установлен вертикальный барабан 2. Его конструкция аналогична конструкции горизонтальных барабанов. Привод барабана, состоящий из электродвигателя и редуктора, находится в верхней части каркаса. Оросительное устройство 4 — трубопровод с воронками, расположенными с обеих сторон подвесного конвейера, смонтировано в верхней части каркасов. Блокирующее устройство на входе в машину крепится на кронштейне к путевой балке. Во избежание разбрызгивания воды с обеих сторон машины имеются защитные стенки 3. При работе моечной машины свиные туши подаются подвесным конвейером в рабочее пространство между вращающимися билами и орошаются струями воды. По мере перемещения туша очищается от загрязнений. При этом троллей с подвешенной на нем тушей отклоняет рычаг блокирующего устройства, связанного с реле времени, и обеспечивает непрерывную подачу воды в машину и вращение барабанов. В случае останова конвейера либо отсутствия туш на нем срабатывает реле времени. В результате отключается подача воды и прекращается вращение барабанов. При пуске конвейера троллей с навешенной на нем тушей замыкает контакты блокирующего устройства, при этом включение барабанов и подача воды осуществляются автоматически.

Технические характеристики моечных машин приведены в табл. 5.3.



Таблица 5.3. Техническая характеристика машин для мойки туш животных

Показатель	К7-ФМВ	К7-ФМГ	К7-ФМД
Производительность полутуш/ч	200	100	74
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	1,0	1,0	6,3
Установленная мощность, кВт	2,2	11,0	10,0
Частота вращения, с <sup>-1</sup> :			
щеток	50	2,33	—
барабана	—	—	2,5
Габаритные размеры, мм:			
длина	4740	4 780	2200
ширина	2570	2 620	1860
высота	3810	38 100	3400
Масса, кг	2500	2 861	1250

**Инженерные расчеты.** Производительность машин для мойки туш животных  $\Pi$  (кг/ч)

$$\Pi = 3600 mv/l,$$

где  $m$  — масса одной туши, кг;  $v$  — скорость движения цепного транспортера, м/с;  $l$  — шаг расположения туш на цепном транспортере, м.

Мощность электродвигателя привода главного конвейера машины для мойки туш  $N$  (кВт)

$$N = 10^{-3}(m_{\text{тр}} + mk)gv/\eta,$$

где  $m_{\text{тр}}$  — масса главного конвейера, кг;  $m$  — масса туши, кг;  $k$  — количество туш, одновременно находящихся на конвейере, шт.;  $g$  — ускорение свободного падения, 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $v$  — скорость конвейера, м/с;  $\eta$  — КПД привода.

Мощность электродвигателя центробежных насосов, подающих воду в моечную машину  $N$  (кВт)

$$N_n = 10^{-3}Q_m P / \eta_m,$$

где  $Q_m$  — расход жидкости, подаваемой насосом к форсункам, кг/с;  $P$  — давление, создаваемое насосом, Па;  $\eta_m$  — КПД привода.

## 5.7. МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ ТАРЫ

Мойка бутылок — одна из важнейших операций при фасовке пищевых жидкостей, от эффективности которой зависит качество продукции и режим работы всей линии розлива. Это сложный физико-химический процесс. Как правило, сила прилипания (адгезии) загрязнения к поверхности бутылок превышает силу сцепления между частицами загрязнений (силу когезии), поэтому смыв загрязнений затруднен и происходит постепенно, без пленочного срыва загрязнений.

Весь процесс мойки бутылок можно разделить на два этапа:

- 1) поверхностное взаимодействие загрязнения и моющего раствора;
- 2) разделение неоднородной системы, состоящей из двух фаз: загрязнение — стекло.

Первый этап, в свою очередь, можно разделить на две стадии:

— взаимодействие смываемого вещества и жидкости (набухание), в ходе которого на поверхности бутылок образуется насыщенный раствор или концентрированная суспензия;

— перенос растворенного или суспендированного вещества в моющую жидкость путем диффузии.

Решающими факторами, обуславливающими хорошее качество мойки, являются: температура моющих растворов и воды, концентрация моющего раствора, продолжительность мойки, гидродинамическое воздействие струи моющего раствора и воды при внутреннем и наружном шприцеваниях банок, частота заполнения банок моющими растворами и др.

Температурный режим в моечных машинах должен предусматривать постепенное нагревание и последующее постепенное охлаждение во избежание термического боя бутылок. Нагревание и охлаждение бутылок проводят ступенчато при перемещении их из одной зоны в другую; максимально допустимый перепад температур в соседних зонах не должен превышать 30...35 °С при нагревании и 25 °С при понижении температуры. Предельная температура моющих жидкостей обычно не более 85 °С. Массовая доля щелочных растворов колеблется в пределах 0,5...2,0 %.

Теплота в машине расходуется на подогрев щелочного раствора и воды при подготовке машины к работе и нагрев воды и бутылок, а также на компенсацию тепловых потерь при работе машины. Основные потери теплоты приходятся на долю горячей сточной воды.

Современные машины для мойки бутылок можно классифицировать по различным признакам:

— *по назначению* — на универсальные и специализированные (для определенной отрасли промышленности);

— *по способу мойки* — на шприцевальные, отмочно-шприцевальные и отмочно-шприцевальные с механической обработкой бутылок ершами и щетками;

— *по кинематическим признакам* — на конвейерные (цепные и бесцепные), барабанные и карусельные;

— *по количеству отмочных ванн* — на одно-, двух и многованнные;

— *по конструкции транспортирующего органа* — машины с цепным и бесцепным транспортерами бутылконосителей, барабанные или роторные (с горизонтальной осью вращения барабана), карусельные (с вертикальной осью вращения барабана);

— *по характеру движения транспортирующего органа* — машины прерывистого движения (циклические) и машины непрерывного движения;

— *по степени механизации* — с ручной загрузкой и выгрузкой бутылок, с ручной загрузкой и автоматической выгрузкой бутылок, с автоматической загрузкой и выгрузкой бутылок;

— *по месту расположения устройств для загрузки и выгрузки бутылок* — одно- и двусторонние.

Наибольшее распространение получили отмочно-шприцевальные машины с цепным транспортером бутылконосителей.

Современные бутылкомоечные машины независимо от марки включают следующие основные элементы: механизмы загрузки и выгрузки бутылок, бутылконосители, механизм перемещения бутылконосителей, устройство для отбора этикеток, шприцевальные устройства, привод, подогреватели раствора в ваннах.

Качество вымытых бутылок определяют по следующим показателям: физической чистоте, бактериальной чистоте и отсутствию остатков моющего раствора в бутылке. Моечные машины должны обеспечивать чистоту отмываемого объекта, исключение боя или деформации (для жестяных банок) тары, минимальный расход воды и энергии, механизацию погрузочно-разгрузочных работ, простоту и надежность в эксплуатации, безопасность обслуживания.

Современные бутылкомоечные машины материалоемки. Установлено, что габаритные размеры, масса машины, приведенные затраты существенно зависят от правильно выбранного числа зубьев звездочки и шага цепи бутылконосителей, количества гнезд в бутылконосителе и других факторов, которые необходимо учитывать при проектировании.

Для мойки жестяных банок используются машины А9-ОМА, МЖУ-125М, А9-КМС «Тайфун», А9-КМ2, а для мойки стеклянных банок — И2-КАМ-6, СП-60М, СП-70, СП-72.

Для мойки ящиков применяют весьма простые по конструкции цепные линейные машины.

**Машина универсальная МЖУ-125М** (рис. 5.18) предназначена для мойки пустых и наполненных цилиндрических и фигурных банок (кроме банок с продуктом, бланшированным в банке) и устанавливается в технологических линиях после укупорочной машины и автоклава, а также на участке подготовки пустых жестяных банок к наполнению.

Машина состоит из корпуса, моечной камеры 1, ванны 2, коммуникации пара 5, привода 3 и смесителя 4.

Моечная камера представляет собой сварной короб из листовой нержавеющей стали. Внутри камеры расположены транспортер, выполненный из двух нержавеющей цепей; паровые коллекторы; распределитель моющей воды в виде прямоугольника трубчатого сечения с одним вводом; коллекторы ополаскивания.

Ванна представляет собой бак из листовой нержавеющей стали, снабженный перегородками, разделяющими его на секции. Перегородки играют роль «грязевых порожков» и жиросепараторов. Внутри ванны расположены фильтры: один — на сливе из камеры, другой — перед всасывающим патрубком насоса. На торцевой стенке ванны имеется третий фильтр, введенный в напорную магистраль от насоса.

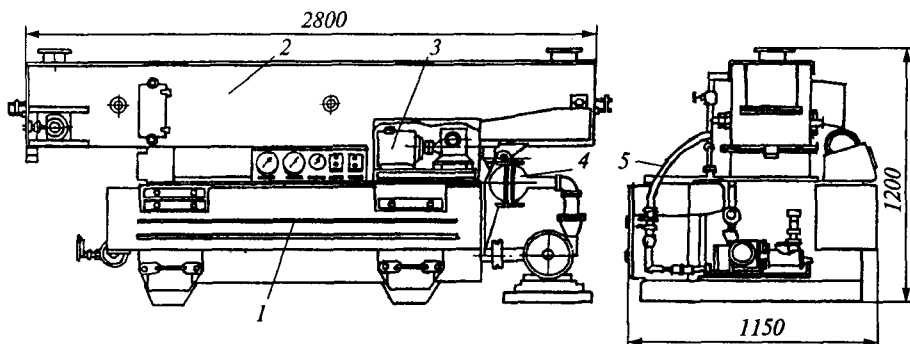


Рис. 5.18. Универсальная машина МЖУ-125М

Подогрев воды внутри ванны осуществляется теплообменником, связанным с коммуникацией пара. Для санитарной обработки ванна оснащена двумя люками на лицевой стороне. Коммуникация пара представляет собой систему труб с вентилями и регулирующей аппаратурой.

Привод размещается на лицевой стороне ванны и включает электродвигатель и редуктор.

Смеситель выполнен из труб, расположенных одна в другой. Попадающие в смеситель вода и пар смешиваются, а затем подаются в моечную камеру.

Перед началом работы машины бак заполняется водой, открываются вентили барботера и подогревателя. После разогрева воды в баке до температуры 80...90 °С вентиль пуска пара в барботер закрывается. В дальнейшем температура поддерживается за счет теплообменника.

Банки по специальному мостику подаются внутрь моечной камеры и попадают на транспортер, который перемещает их вдоль камеры. Банки омываются струями горячей воды и прошпариваются, а на выходе из камеры ополаскиваются чистой горячей водой (60...70 °С).

Использованная вода из моечной камеры попадает в ванну через систему фильтров, откуда насосами подается в коллекторы.

Наполненные фигурные и цилиндрические банки высотой до 40 мм на вход в камеру попадают через лоток загрузки. В целях предотвращения смещения банок в стороны камера оснащена регулируемыми боковыми и верхней направляющими. Их положение определяется размерами обрабатываемой банки, после чего направляющие фиксируются вращением колпачковых гаек.

Наполненные цилиндрические банки высотой более 40 мм на вход в камеру поступают через винтовой лоток.

Техническая характеристика универсальной моечной машины МЖУ-125М приведена в табл. 5.4.

Таблица 5.4. Техническая характеристика машин для мойки тары

Показатель	МЖУ-125М	«Тайфун» А9-КМС	СП-60М	И2-КАМ-6	АММ-6
Производительность, шт/мин	80...125	80...120	50	100	6000
Температура воды, °С:					
моющей	80...90	55...60	45...50	70...75	
ополаскивающей	Не менее 60	Не менее 15	50...55	50...55	
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	0,56	10	7,1	6,55	6
Давление пара, МПа	0,25...0,30	0,20...0,30	0,40...0,50	0,40...0,50	
Расход пара, кг/ч	100	100	—	550	260...450
Насос:					
подача, м <sup>3</sup> /ч	10...30	30	—	—	
развиваемое давление, МПа	0,24...0,30	0,30...0,40	—	—	
мощность, кВт	4	7,5	7,5	2×7,5	
Электродвигатель привода:					
мощность, кВт	0,27	0,8	0,8	1,7	31
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1400	1350	1350	950	
Габаритные размеры, мм:					
длина	2800	3515	6400	5000	8100
ширина	1150	3875	2500	2800	5350
высота	1200	2730	2740	2740	2750
Масса, кг	780	1390	8100	6500	5950

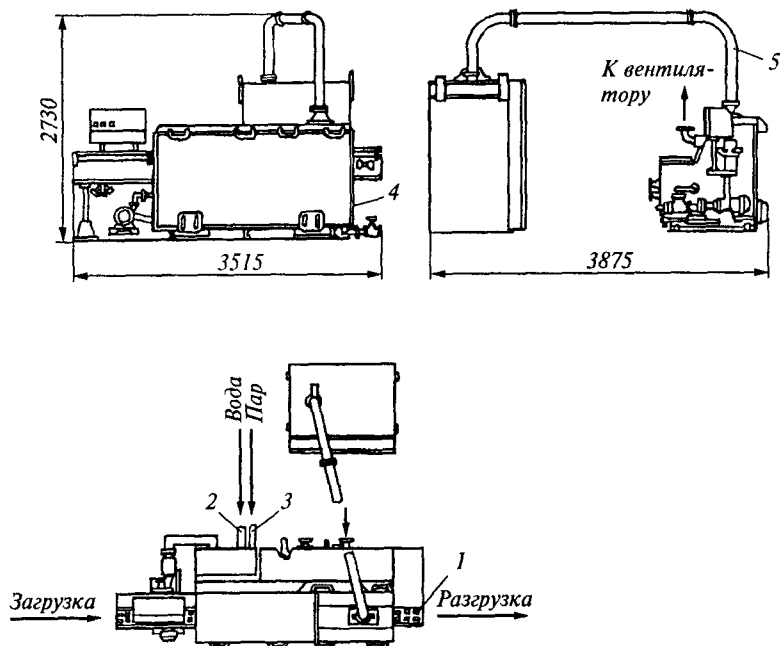


Рис. 5.19. Моечно-сушильная машина «Гайфун» А9-КМС

**Машина «Гайфун» А9-КМС** (рис. 5.19) предназначена для мойки и сушки наполненных стеклянных банок после выхода их из автоклавов.

Машина состоит из цепного транспортера 1, станины 4, коммуникаций воды 2, пара 3, воздуха 5.

Цепной транспортер представляет собой спаренную вертикально-замкнутую цепь с фрезерованными с одной стороны внутренними пластинками, на которых стоят банки. Привод транспортера осуществляется от электродвигателя через ременную передачу, редуктор и цепную передачу.

Станина представляет собой сварную каркасную металлоконструкцию, на которой монтируются все узлы и механизмы. Нижняя часть станины служит баком рециркуляционной воды.

Для мойки банок в машине используется рециркуляционная вода, а для ополаскивания их — проточная вода. Подача рециркуляционной воды осуществляется насосом.

Для предварительного обогрева холодных банок, поступающих на мойку, перед моющими коллекторами установлен П-образный коллектор, через отверстия которого пар попадает на поверхность банки, несколько обогревает ее, тем самым предотвращая термический бой в зоне интенсивной мойки. В коллектор подводится водопроводная вода, предварительно нагретая до 15...20 °С.

Нагрев рециркуляционной воды в ванне происходит в барботере, через отверстия которого пар попадает в ванну с водой. В целях предварительного нагрева и отмочки банок пар поступает непосредственно в коллектор для пара. Для отсоса паров из камеры мойки машина комплектуется центробежным вентилятором, место установки которого зависит от условий в цехе.

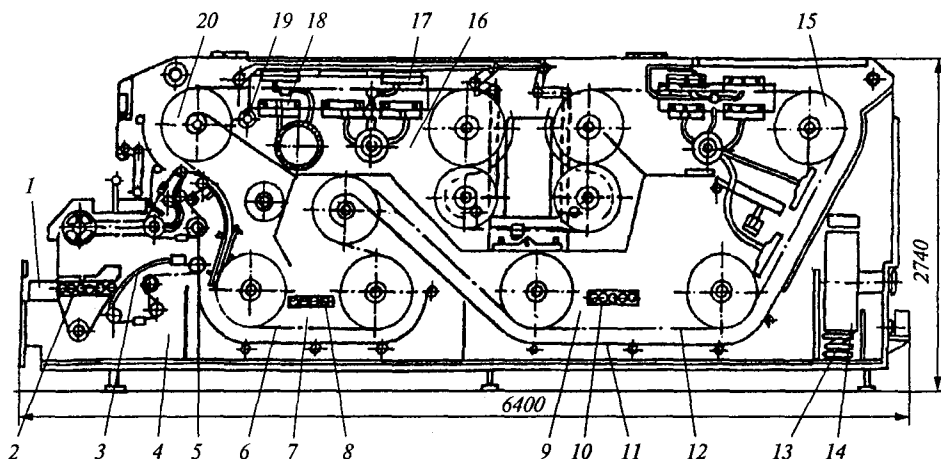


Рис. 5.20. Машина типа СП

На сварном основании установлены нагнетатель воздуха и электродвигатель. Воздух от нагнетателя через глушитель звука и воздуховод попадает к насадкам, закрепленным на крышке корпуса машины.

Узел электрооборудования машины состоит из трех электродвигателей: привода водяного насоса, привода нагнетателя, привода транспортера. После предварительного подогрева моющей воды до нужной температуры кнопкой «Пуск» включают электродвигатель насоса рециркуляционной воды, электродвигатель нагнетателя и транспортера. Одновременно с этим подают водопроводную воду. Поступающие из автоклава загрязненные банки попадают на приемную часть транспортера, затем с помощью дополнительной звезды раздвигаются на определенный шаг и перемещаются транспортером в глубь машины. Рециркуляционная вода очищается от загрязнений при проходе через фильтр.

Техническая характеристика моечно-сушильной машины «Тайфун» А9-КМС приведена в табл. 5.4.

**Машины типа СП (СП-60М, СП-70, СП-72)** (рис. 5.20) предназначены для мойки стеклянной тары. Основой машины типа СП является корпус 4 с открытой загрузочно-разгрузочной частью, с боковыми люками и задней дверкой для обслуживания. В нижней части корпуса расположены две отмочные ванны для моющего раствора и воды, а в верхней части — ванна для оборотной воды шприцевания стеклотары.

Машины типа СП по принципу действия являются цепными, отмочно-шприцевальными с ритмично-прерывистым движением основного транспортера с носителями.

Банки в машину подаются транспортером 1, затем поступают на валковый накопитель 2, где происходит деление банок по числу гнезд в носителе. Со стола загрузки банки захватываются планками-толкателями механизма загрузки 3 и заталкиваются в гнезда носителей 12, шарнирно прикрепленных к цепям двухцепного транспортера 6. Затем носители с банками входят в первую ванну 7 предварительного подогрева с водой температурой 40...45 °С. На петле перехода от первой ванны во вторую вода из банок выливается в первую ванну, а банки поступают во вторую ванну 9 с моющим раствором температурой 70...90 °С. В дальнейшем носители с банками движутся вверх по наклонной направляющей и по выходе из ванны 9 шприцуются моющим раствором в основном для снятия этикеток.

Загрязненные банки, пройдя зону предварительного нагрева паром, попадают в зону интенсивной мойки струями воды, далее в зону ополаскивания чистой водой и поступают на сушку струями нагнетаемого из насадок воздуха. Сушка производится путем сдува капель влаги за счет энергии нагнетаемого воздуха.

На верхнем участке основного транспортера банки подвергаются внутреннему и наружному шприцеванию из насадок 17 оборотной водой с температурой 90 °С, а из насадок 18 — чистой проточной водой с температурой 60 °С. После чистового ополаскивания банки обрабатываются паром из насадок 19. Чистые банки попадают в механизм выгрузки 5 и выводятся из машины. Вода после предварительного и чистового ополаскиваний собирается в верхней ванне 16 и, пройдя фильтр, насосом подается снова на предварительное ополаскивание.

Вода в ванне 7 предварительного подогрева стеклотары нагревается теплообменником 8, а в ванне 9 с моющим раствором — теплообменниками 10 и 13. В машине СП-60М в первой ванне предварительного подогрева теплообменник отсутствует, а подогрев воды осуществляется путем подачи оборотной воды из верхней ванны.

Механизм удаления этикеток 14 представляет собой вращающийся сетчатый барабан, внутри которого размещен лоток сбора этикеток. Моющий раствор с этикетками засасывается насосом из второй ванны 9 внутрь барабана. Этикетки присасываются к внутренней поверхности сетки барабана, поднимаются вверх, где сдуваются в лоток. Воздушный поток создается вентилятором, установленным в задней части машины. По мере наполнения лоток периодически очищают вручную.

Основной цепной транспортер приводится в движение от звездочек 20, которые вращаются с помощью храпового механизма. Звездочками 15 осуществляется натяжение цепей основного транспортера. Для предотвращения выпадения банок из носителей на нижней ветви основного транспортера установлены направляющие 11.

Техническая характеристика моечной машины СП-60М приведена в табл. 5.4.

**Машина И2-КАМ-6** (рис. 5.21) предназначена для мойки новых и оборотных стеклянных банок вместимостью 0,2 л.

Машина по принципу действия является цепной, отмочно-шприцевальной, с ритмично-прерывистым движением основного транспортера с носителями. Загрузка и выгрузка банок из машины механическая.

Корпус 3 машины представляет собой сварную конструкцию из листовой стали, в нижней части которой имеется ванна для моющего раствора, а в верхней — ванна для горячей воды. На корпусе машины смонтированы механизмы привода машины: загрузки 1 и выгрузки 2 банок, цепи с банконосителями 4, системы шприцевания банок и подогрева раствора и воды в ваннах, смыва этикеток и удаления их из ванны. В корпусе машины предусмотрены люки для чистки и мойки ванн.

Внутри корпуса смонтированы валы со звездочками, по которым обкатываются две втулочно-роликовые цепи. Между цепями подвешены 98 носителей, каждый из которых представляет собой сварную конструкцию с 16 гнездами для банок.

Привод машины осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу к червячному редуктору, от которого через цепную передачу приводится во вращение кривошипный вал. Кривошип через тягу и храповое зацепление периодически проворачивает ведущий вал, который за каждый оборот кривошипного вала протягивает цепи с носителями на один шаг.

В конструкции привода предусмотрен вариатор из двух раздвижных дисков, представляющих собой шкив с изменяющимся диаметром. Вариатор позволяет плавно регулировать производительность машины, настраивая ее на производительность линии.

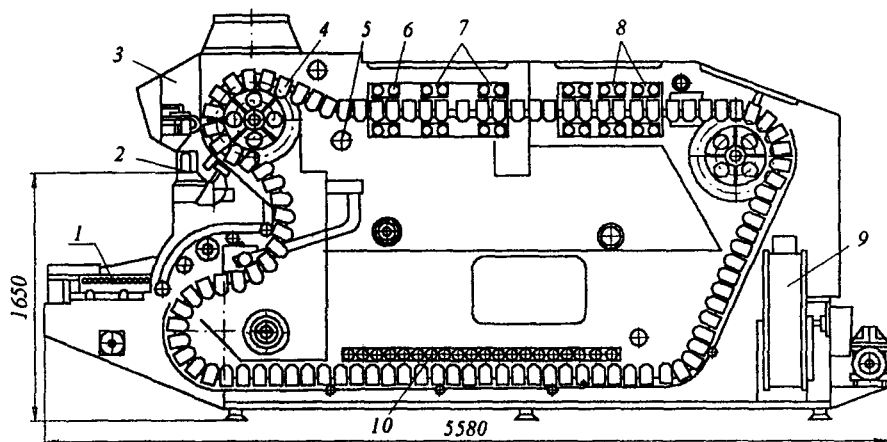


Рис. 5.21. Моечная машина И2-КАМ-6

Для шприцевания внутренней и наружной поверхностей банок моющим раствором и водой служат шприцевые трубы, жидкость к которым подается насосами.

Для подогрева моющего раствора в отмочной ванне установлен трубчатый подогреватель 10. Водопроводная вода подогревается барботажем пара непосредственно в воду и после шприцевания сливается в водяную ванну, а избыток воды поступает к коллектору предварительного обмыва, расположенному под столом загрузки.

Механизм загрузки банок состоит из аккумулятора банок, направляющих цепей, стола загрузки банок и двух цепей с планками. Аккумулятор представляет собой стол, выполненный в виде вращающихся в одном направлении валиков. Над валиками расположены устройства, которые разделяют движущиеся банки на ручки, расстояние между которыми равно шагу гнезд в носителях. Банки в носители подаются непрерывно двумя движущимися планками, закрепленными на двух цепях, привод которых осуществляется через предохранительную кулачковую муфту. Цепи движутся по направляющим и звездочкам.

Подвод банок в машину и отвод их из машины выполнены с правой стороны и при необходимости легко могут быть изменены на левую. Банки подводятся к машине и отводятся из нее пластинчатыми транспортерами с отдельными приводными станциями.

Банки со стола загрузки подаются в гнезда носителя и находятся в них в течение всего процесса мойки до момента выгрузки из машины. Носители с банками перед входом в отмочную ванну обмываются водой через коллектор предварительного обмыва. Это необходимо для предварительного подогрева банок. Кроме того, при этом легко смываемые загрязнения удаляются и не загрязняют отмочную ванну. Вода из коллектора предварительного обмыва сливается в канализацию.

Затем банки входят в нижнюю ванну с раствором температурой 70...75 °С, проходят зону турбулентного движения моющего раствора и при движении по наклонной направляющей обливаются снаружи щелочным раствором, стекающим после щелочного шприцевания по наклонной стенке ванны.



Носители с банками, выйдя на верхний прямой участок, подвергаются внутреннему шприцеванию и наружному обмыву в следующих положениях:

- в шести позициях 8 раствором щелочи температурой 70...75 °С;
- в четырех позициях 7 горячей оборотной водой температурой 50...55 °С;
- в двух позициях 6 водопроводной водой температурой 50...55 °С;
- в позиции 5 паром.

Вымытые и простерилизованные банки выгружаются из машины на транспортер выгрузки.

Для удаления этикеток предназначен специальный механизм 9, представляющий собой вращающийся сетчатый барабан, через который происходит забор жидкости насосом из отмочной ванны. При этом этикетки присасываются к внутренней поверхности барабана и при вращении его сдуваются в специальный лоток. Воздушный поток создается вентилятором, установленным в задней части машины.

При срабатывании той или иной точки блокировки загорается одна из сигнальных лампочек, расположенных на пульте управления. Это способствует быстрому определению места неполадки и ее устранению.

Техническая характеристика моечной машины И2-КАМ-6 приведена в табл. 5.4.

**Бутылкомоечная машина АММ-6** (рис. 5.22) является одной из наиболее распространенных в пищевой промышленности машин, предназначенных для мойки бутылок вместимостью 0,25; 0,30 и 0,50 л (дм<sup>3</sup>).

В сварном корпусе 1 имеются отмочные ванны 2 и 22 и отсеки теплой воды и щелочного раствора. Внутри корпуса смонтирован транспортер бутылконосителей 5. В передней части корпуса расположены подающий 9 и отводящий 11 транспортеры, накопитель бутылок, выполненный в виде многоручьевого рольганга с распределителями, устройством цепного типа для загрузки бутылок. На корпусе крепится устройство для выгрузки бутылок 12.

На левой стороне размещен привод машины, состоящий из электродвигателя, вариатора и червячного редуктора. Здесь же установлены три насосные установки: одна — для смыва отмокших этикеток и создания направленного движения щелочного раствора в отмочной ванне в сторону барабана этикеткоотборника, другая — для мойки бутылок щелочным раствором, третья — для мойки оборотной водой. В машине имеются системы мойки бутылок щелочным раствором, горячей, теплой и водопроводной водой. В первой щелочной ванне 2 находится подогреватель 3, а во второй (22) — подогреватель 21.

Особенностью машины является длительная отмочка бутылок в первой щелочной ванне, после которой проводится смыв этикеток с бутылок. Этикеткоотборник состоит из желоба 18, вращающегося сетчатого барабана 20, к которому потоком щелочи прижимаются этикетки, вентилятора для сбива этикеток и лотка для их сбора.

Подводимые подающим транспортером бутылки поступают на накопитель 8, где обмываются теплой водой, подаваемой из отсека к устройству 10 для предварительного обмыва. Устройством 7 бутылки загружаются в гнезда бутылконосителей. Вода из бутылок вместе с легкосмываемыми загрязнениями при движении транспортера бутылконосителей сливается в поддон 4.

Для более эффективного подогрева бутылки перед поступлением в отмочную ванну обмываются снаружи горячей водой, поступающей из поддона 16 в трубы 6. В ванне происходит отмочка загрязнений и этикеток в щелочном растворе. Смытые в устройстве 17 этикетки направляются по желобу 18 к барабану 20 этикеткоотборника и вентилятором сдуваются в лоток. В отмочной ванне и на наклонной ветви транспортера бутылконосителей продолжается отмочка загрязнений в щелочном растворе в отсеке 19. Установленный в отсеке оборотной воды 13 барботер 14 обеспечивает необходимую турбулизацию потоков воды.

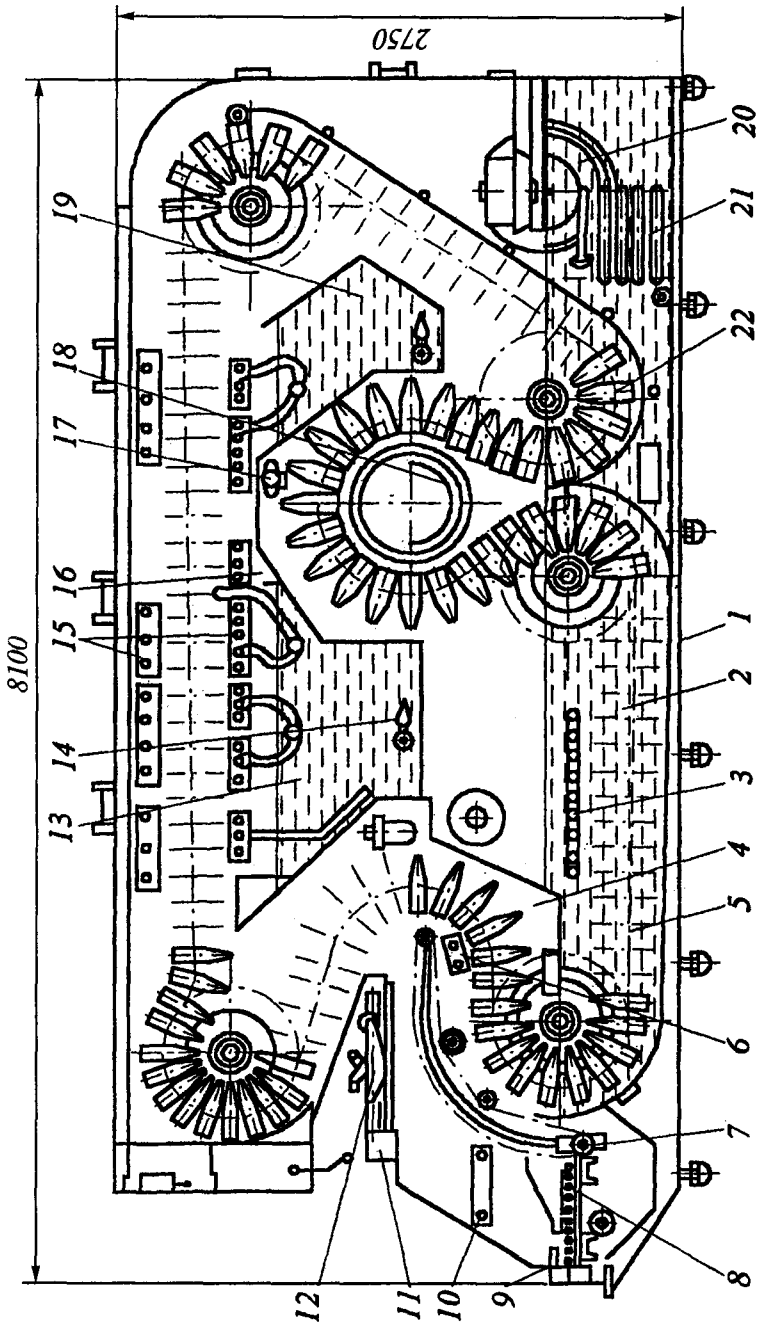


Рис. 5.22. Бутылкомочная машина АММ-6

На верхней ветви транспортера бутылки подвергаются многократному внутреннему шприцеванию и наружному ополаскиванию щелочным раствором, горячей, теплой и водопроводной водой с помощью устройства 15 для мойки щелочью и водой. Вымытые бутылки выгружаются на отводящий транспортер 11. Температура моющих жидкостей регулируется автоматически.

Этому типу машин присущи следующие недостатки.

Машина выполнена двухванной, однако первая ванна в ней — щелочная, и, несмотря на лучшее качество мойки, это повышает расход теплоты. В машине один отсек 13 оборотной воды, что приводит к большому расходу водопроводной воды и допускает вероятность термического боя при мойке бутылок.

Моющий раствор обеих ванн интенсивно перемешивается, вследствие чего уменьшается температура во второй ванне и повышается в первой. Очень неэффективно использовать один отсек 13 оборотной воды, так как необходимо расходовать значительное количество воды для смыва остатков щелочи и однократно использовать горячую воду. Кроме того, установка трубы для второй ступени предварительной обработки бутылок над первой щелочной ванной приводит к разбавлению щелочи, переполнению ванн и уходу раствора в канализацию.

Анализ эксплуатации бутылкомоечных машин позволил выявить основные направления их совершенствования: повышение единичной производительности машины, снижение металлоемкости, определяющей в основном стоимость машины и расходы на ее содержание и ремонт, снижение расхода электроэнергии, воды и пара, сокращение боя бутылок при мойке.

Образование накипи в бутылкомоечных машинах приводит к перерасходу воды, пара, щелочи, а также простоям при ее удалении. Поэтому для мойки бутылок целесообразно использовать умягченную воду.

Недостаточно эффективно решаются вопросы, связанные с уменьшением загрязнения окружающей среды сточной водой с содержанием щелочи, а также многократно использованным моющим раствором.

Важной проблемой, возникающей во время эксплуатации бутылкомоечной машины, является снижение шума. Это достигается за счет уменьшения скоростей транспортирования бутылок, создания более рациональных конструкций загрузочно-разгрузочных устройств, бутылконосителей и др., установления звукоизолирующих ограждений и оснащение производственных помещений звукопоглощающими материалами и т. д.

Техническая характеристика бутылкомоечной машины АММ-6 приведена в табл. 5.4.

**Инженерные расчеты.** Оптимальное число носителей  $z_{\text{опт}}$  на начальной окружности поворотного блока

$$z_{\text{опт}} = 180/\text{arcctg}(-b/a),$$

где  $a$  и  $b$  — соответственно ширина и высота носителя, м.

Рабочий цикл машины  $T_p$  (с)

$$T_p = 3600U/\Pi_T,$$

где  $\Pi_T$  — теоретическая производительность машины, шт/ч;  $U$  — количество потоков в машине (принимается равным количеству бутылок в бутылконосителе).

Средняя скорость движения конвейера  $v_{\text{cp}}$  (м/с)

$$v_{\text{cp}} = S/T_p,$$

где  $S$  — путь, который проходит конвейер машины за время рабочего цикла  $T_p$ , м.

Минимальное теоретическое количество бутылок  $B_T$  (шт.), одновременно находящихся в машине,

$$B_T = \Pi_T T_T' / 3600,$$

где  $T_T'$  — продолжительность технологического цикла, которая действительно полезно используется (время активной мойки), с.

Минимальное теоретическое количество кассет  $K_T$  (шт.)

$$K_T = \Pi_T T_T' / 3600 U.$$

К этому минимальному количеству кассет необходимо прибавлять некоторое количество кассет для вспомогательных операций (для загрузки и выгрузки бутылок, стекания капель моющих жидкостей при переходе кассет из одной зоны в другую, неизбежный холостой ход кассет и т. д.).

Тогда действительное количество бутылок  $B_d$  (шт.), находящихся в машине,

$$B_d = B_T / k_n,$$

а действительное количество кассет  $K_d$  (шт.)

$$K_d = K_T / k_n,$$

где  $k_n$  — коэффициент непрерывности, равный отношению той доли технологического цикла, которая действительно полезно используется, к общему времени технологического цикла.

Полная длина конвейера  $L$  (м)

$$L = SK_d.$$

Расход щелочного раствора на шприцевание и обливание бутылок  $W_{ш.р}$  ( $M^3/c$ )

$$W_{ш.р} = \mu (\pi d_1^2 / 4) n_1 \sqrt{2p_1 / \rho} + \mu (\pi d_2^2 / 4) n_2 \sqrt{2p_2 / \rho},$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода жидкости при истечении ее из отверстия;  $d_1$  — диаметр отверстий в шприцевальных трубках, мм;  $d_2$  — диаметр отверстий в опрыскивающих трубках, мм;  $n_1$  и  $n_2$  — общее количество отверстий соответственно в шприцевальных и опрыскивающих трубках, шт.;  $p_1$  и  $p_2$  — давление моющего раствора соответственно в шприцевальных и опрыскивающих трубках, МПа.

Мощность, потребляемая насосом  $N_1$  (кВт), перекачивающим щелочной раствор,

$$N_1 = (10^{-3} W_{ш.р} P) / (\eta_n \eta_{дв}),$$

где  $P$  — давление щелочного раствора, МПа;  $\eta_n$  — КПД насоса;  $\eta_{дв}$  — КПД двигателя.

Расход воды на шприцевание и обливание бутылок  $W_v$  ( $M^3/c$ )

$$W_v = \mu \frac{\pi}{4} (d_1^2 n_1' \sqrt{2p_1 / \rho} + d_2^2 n_2'' \sqrt{2p_2 / \rho}).$$

Мощность, потребляемая насосом  $N_2$  (кВт), перекачивающим воду,

$$N_2 = (10^{-3} W_v P) / (\eta_n \eta_{дв}).$$

Расход пара  $D$  (кг/с) при установившемся режиме работы машины

$$D = 1,2 [G_6 c_{ст} (t_{к.б} - t_{н.б}) + W_c (t_{к.в} - t_{н.в})] / (i - \theta),$$

где  $G_6$  — масса бутылок, поступающих в машину, кг/ч;  $c_{ст}$  — удельная теплоемкость стекла, кДж/(кг·К);  $W$  — расход холодной воды, кг/ч (при установившемся режиме работы равен расходу отработанной воды);  $i$  — энтальпия греющего пара, кДж/кг;  $\theta$  — энтальпия конденсата, кДж/кг;  $t_{н.б}$  — начальная температура грязных бутылок;  $t_{н.в}$  — температура холодной воды;  $t_{к.в}$  — температура отработавшей воды;  $t_{к.б}$  — температура чистых бутылок.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Знание механизма удаления загрязнений с отмываемой поверхности позволяет правильно выбрать способ мойки растительного и животного сырья, тары, а также вид моющего средства, и учитывать факторы, влияющие на интенсивность процесса мойки сырья и тары.*

*2. Классификация моечных машин по функционально-технологическому принципу позволяет не только понять устройство и принцип действия основных типов моечных машин, но и выбрать ту из них, которая наиболее полно учитывает особенности процесса мойки различных видов пищевого сырья в зависимости от их свойств.*

*3. Основные направления повышения эффективности работы моечного оборудования определяются особенностями эксплуатации, ремонта и обслуживания моечных машин и с учетом факторов, влияющих на производительность моечных машин и энергоемкость процесса мойки.*

*4. Приведенные методики инженерных расчетов моечных машин позволяют правильно организовать проектирование, конструирование, изготовление, монтаж и наладку машин, что в свою очередь повышает надежность оборудования при реализации технологических функций.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды моечных машин Вы знаете?
2. Какие моющие растворы применяются для мойки тары и санитарной обработки оборудования пищевой промышленности?
3. Каков механизм удаления загрязнений с отмываемой поверхности?
4. За счет чего можно интенсифицировать процесс мойки пищевого растительного сырья?
5. Какими способами производится мойка растительного сырья?
6. Почему ограничена частота вращения барабана моечной машины?
7. Какие требования предъявляются к эксплуатации и обслуживанию моечных машин?
8. Каковы основные технологические операции процесса мойки стеклотары?
9. Какой вид имеет уравнение теплового баланса для установившегося режима мойки бутылок?
10. Что такое термический бой стеклотары?
11. Каковы предельно допустимые температуры нагрева и охлаждения бутылок?
12. Каков характер движения транспортера бутылконосителей?
13. Каковы основные направления совершенствования конструкций бутылкомоечных машин?
14. Какие виды моечных машин используются для мойки сахарной свеклы?
15. В чем состоят недостатки свекломоечных машин с постоянным уровнем воды?
16. Как осуществляется отделение и удаление тяжелых примесей в свекломоечных машинах?
17. Какие факторы влияют на производительность свекломоечных машин?
18. Какие параметры влияют на величину потерь сахара при мойке свеклы? Как можно их снизить?
19. Какие недостатки свекломоек с высоким уровнем воды?
20. Каково устройство и принцип действия машин для мойки туш животных?

## Глава 6

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И СЕПАРИРОВАНИЯ СЫПУЧЕГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

*Очисткой* называется процесс отделения посторонних примесей из исходного сыпучего материала.

*Сепарированием* называется процесс разделения сыпучих материалов на фракции, различающиеся физическими и геометрическими размерами. Для разделения сыпучих материалов на фракции используют следующие признаки: плотность частиц, линейные размеры, аэродинамические и ферромагнитные свойства, состояние поверхности и др.

### 6.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ И СЕПАРИРОВАНИЯ СЫПУЧЕГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Часть сыпучего продукта, имеющего размеры ячеек сита и проходящего через ситовую поверхность, называется проходом, а частицы продукта, которые не пройдут по размерам сквозь отверстия сита и ссыпаются с него через край, образуют сход.

Для нормальной организации процесса разделения сыпучего продукта необходимо выполнить основное условие просеивания — скольжение частиц продукта по поверхности сита.

В связи с тем что в промышленности неподвижные сита редко применяются ввиду их малой производительности и громоздкости, рассмотрим более подробно механизм просеивания в машинах с подвижными ситами, отвечающих современным требованиям производства.

Предельное ускорение, при котором сила инерции становится равной силе трения, называется критическим ускорением и для случая скольжения плоских частиц по сити равно  $a_{кр} = fg$ , где  $f$  — коэффициент трения скольжения частицы по сити;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения.

Ситовой корпус подвешивают к станине машины с помощью плоских стальных пластин и приводят в колебательное движение посредством кривошипно-шатунного механизма.

Предельная частота вращения кривошипа  $n_n$ , при котором частица не отделяется от сита, находится из формулы

$$n_n = 30 / \sqrt{rtg\alpha},$$

где  $r$  — радиус кривошипа, м;  $\alpha$  — угол наклона сита к горизонту, град.

По аналогии определяют основные параметры и для других кинематических схем. Для горизонтальных сит с колебаниями в наклонной прямой

$$n_n = 3\sqrt{1 / r \sin \beta},$$

где  $\beta$  — угол наклона подвески сита к вертикали, град.

Для наклонных сит с колебаниями в наклонной плоскости при  $\beta = \alpha$

$$n'_n = 3\sqrt{\sin(\varphi \pm \alpha) / r \cos \varphi},$$

где  $n'_n$  — частота вращения кривошипа, при которой частица начинает перемещаться либо вниз — знак (-), либо вверх — знак (+).

Процесс сепарирования движущегося сыпучего продукта состоит из двух одновременно происходящих стадий. На первой стадии (самосортировании) частицы, имеющие меньшие размеры, большую плотность, меньшее значение коэффициента внутреннего трения и удобную обтекаемую форму, перемещаются из верхних слоев в нижние и достигают поверхности сита. Вторая стадия (собственно просеивание частиц) происходит при относительном движении их по ситу. Однако для эффективного протекания процесса обе стадии требуют различного кинематического режима движения сита: при увеличении ускорения улучшается самосортирование, а для успешного осуществления просеивания необходимо ограничивать максимально допустимые пределы ускорения.

При возвратно-поступательном движении ситового корпуса в кривошипно-шатунном механизме возникают силы инерции, переменные по величине и направлению. Через шатун и кривошип эти силы передаются на подшипники и опоры ведущего вала, что вызывает повышенный износ механизмов и снижает их работоспособность.

Для уменьшения негативного воздействия сил инерции производят их уравновешивание следующими основными способами: использование спаренных механизмов; уравновешивание ситового корпуса с кривошипно-шатунным механизмом посредством вращающегося груза и уравновешивание ситового корпуса с помощью балансирующего механизма.

Для ограничения амплитуд колебаний ситового корпуса применяют амортизаторы различных конструкций: с применением силы трения элементов или с использованием сил упругости элементов.

Для уравновешивания сил инерции в зерноочистительных сепараторах с возвратно-поступательным движением используют также эксцентриковые и инерционные колебатели.

**Пневмосепарирование** основано на различии сопротивлений, оказываемых отдельными частицами воздушному потоку, что обусловлено их различными аэродинамическими свойствами.

Рассмотрим схему действия воздушного потока на частицу. На частицу массой  $m$  действует сила тяжести  $G = mg$  и сила сопротивления воздушного потока

$$R = \xi(\rho/2)F_M v^2,$$

где  $\xi$  — коэффициент аэродинамического сопротивления;  $F_M$  — площадь проекции частицы на плоскость, нормальную к вектору относительной ее скорости (миделево сечение), м<sup>2</sup>;  $v$  — относительная скорость частицы в воздушном потоке, м/с;  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Значение коэффициента  $\xi$  зависит от формы частицы, состояния ее поверхности и режима потока воздуха, обтекающего ее, т.е. от числа Рейнольдса ( $Re$ ).

В вертикальном восходящем потоке воздуха сила тяжести  $G$  и сила сопротивления  $R$ , действующая на частицу, всегда противоположны. Таким образом, отношение  $R/G$  определяет направление движения частицы: при  $R/G < 1$  частица движется вниз; при  $R/G > 1$  — вверх и при  $R/G = 1$  частица находится в равновесии.

Из соотношения  $R = G$  можно найти скорость витания или критическую скорость:

$$mg = \xi(\rho/2)F_M v_{\text{внт}}^2 \quad \text{или} \quad v_{\text{внт}} = \sqrt{2G/\xi\rho F_M}.$$

Наибольшее влияние на эффективность пневмосепарирования оказывают: удельная нагрузка продукта на канал  $q$ ; средняя скорость воздушного потока  $v_{\text{в}}$ ; выравнивание воздушного потока  $\Phi_{\text{в}}$ ; физико-механические свойства примесей сепарируемой смеси и степень засоренности; размеры и конструктивное решение пневмосепарирующих каналов; начальная скорость и условия ввода сепарируемой смеси в пневмосепарирующий канал и др.

В.В. Гортинский получил аналитическую зависимость перемещения частицы в пневмосепарирующем канале:

$$x = \{(g - kv^2\psi)[/ kv\psi]t - [1 / (kv\psi)^2]\} \{(g - kv^2\psi) - kv\psi x_0\}(1 - e^{kv\psi t}),$$

где  $k = \xi\rho F_M/2m$  — коэффициент пропорциональности силы аэродинамического сопротивления;  $t$  — время, с;  $v$  — относительная скорость движения частицы в канале, м/с;  $\psi$  — коэффициент.

Коэффициент извлечения легких примесей в пневмосепарирующем канале

$$\eta = 1 - \{1 / [1 + (\rho_t / Aq, b)] \ln[1 + (b / H_0) L_x]\},$$

где  $A$  — коэффициент, зависящий от  $v_{\text{ф}}$  и от свойств компонентов, м<sup>-2</sup>·с;

$$A = t(1 - \eta) / (H_T^2 \eta), \quad \beta = (H_T - H_0) / L_x,$$

здесь  $v_{\text{ф}}$  — скорость фильтрации, м/с;  $t$  — время, с;  $q$  — удельная нагрузка, кг/м<sup>2</sup>;  $H_0$  — начальная толщина слоя продукта, м;  $L_x$  — длина рабочего канала, м;  $\rho_t$  — плотность псевдооживленного слоя тяжелого компонента, кг/м<sup>3</sup>;  $H_T$  — толщина слоя тяжелого компонента, м.

**Магнитное сепарирование.** Очистку сырья и промежуточных продуктов от металломагнитных примесей производят на магнитных сепараторах с постоянными магнитами или электромагнитами.

Металломагнитные примеси весьма разнообразны по форме, размерам и происхождению: случайно попавшие мелкие металлические предметы, продукты износа рабочих органов и др.

По способу удаления металломагнитных примесей из движущегося потока продукта различают три типа магнитных сепараторов: с верхним расположением магнитов, с нижним расположением магнитов и барабанные магнитные сепараторы с вращающейся немагнитной обечайкой.

Для нормального отделения металломагнитных примесей в магнитном поле необходимо выполнение следующего условия:

$$F_M = V_x H \text{grad} H > F_c,$$



где  $F_M$  — сила притяжения металломагнитной частицы к магниту, Н;  $V$  — объем частицы,  $m^3$ ;  $m$  — масса частицы, кг;  $\rho$  — плотность частицы,  $kg/m^3$ ;  $H$  — напряженность магнитного поля, А/м;  $F_c$  — сила сопротивления, Н;  $x$  — удельная объемная магнитная восприимчивость частицы,  $m^3/kg$ ;  $grad H$  — градиент напряженности поля, представляет собой производную  $\partial H/\partial r$  в направлении  $r$  (наибольшего возрастания напряженности  $H$ ).

В общем случае уравнение для времени осаждения металломагнитных примесей имеет вид

$$\tau = H^{2,28+0,38n} [(1/\sqrt{A}) + 0,247KA^{-0,93}],$$

где  $K$  — коэффициент сопротивления среды,  $cm^{-1}$ ;  $H$  — толщина слоя очищаемого продукта, м;  $A$  — коэффициент, характеризующий магнитное поле,  $A=(2+12) \cdot 10^3, cm^3 \cdot c^{-2}$ .

Данное уравнение определяет эффективность первой стадии процесса магнитной сепарации.

Вторая стадия заключается в удерживании извлеченной металломагнитной примеси на поверхности магнитного экрана от смывания ее потоком очищенного продукта и определяется соотношением смывающей силы потока и удерживающей способности магнита.

Эффективность работы отсева оценивается следующими показателями: нагрузкой, коэффициентом недосева, коэффициентом извлечения. Нагрузка представляет собой количество исходной смеси, поступающей в сев в единицу времени.

Коэффициент недосева (%) характеризует неоднородность фракций и показывает относительное содержание мелких, проходowych фракций в продуктах, полученных сходом с сита, и вычисляется по формуле

$$\xi = (P_0 - P)/(Q_0 - P),$$

где  $Q_0$  — масса исходной смеси, кг;  $P_0$  — масса проходовой фракции, кг;  $P$  — масса извлеченного продукта, кг.

Коэффициент извлечения (%) равен отношению массы извлеченного продукта к массе того же продукта, содержащегося в исходной смеси, т.е. он показывает, какую часть данной фракции удается выделить из исходной смеси:

$$\eta = (P/P_0)100.$$

Взаимосвязь коэффициентов недосева и извлечения определяется уравнениями

$$\xi = (1 - \eta)/[(1/I) - \eta] \quad \text{и} \quad \eta = (1 - \xi/I)/(1 - \xi),$$

где  $I$  — относительное содержание проходовой смеси, %.

## 6.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Основным рабочим органом зерноочистительных сепараторов и сортирующих машин являются сита. Применяемые сита по способу изготовления классифицируются на штампованные из металлических листов (иногда их еще называют решетками) и тканые металлические и полимерные сетки. Штампованные сита изготавливаются из оцинкованной или отожженной листовой стали, а тканые — из стальной низкоуглеродистой термически обработанной проволоки простого или саржевого переплетения, а также из шелковых или капроновых нитей.

Рабочим размером штампованных сит является для круглых отверстий — диаметр, прямоугольных — ширина, треугольных — сторона правильного треугольника. Номер сита — это увеличенная в десять раз величина рабочего размера отверстия в миллиметрах.

Коэффициент живого сечения  $k_F$  (%) для сит определяют по формуле

$$k_F = (F_0/F) \cdot 100,$$

где  $F_0$  — площадь отверстия,  $m^2$ ;  $F$  — площадь сита, приходящаяся на одно отверстие,  $m^2$ .

Живое сечение тканых проволочных сит значительно больше живого сечения штампованных сит. Тканые сита также более прочны и износоустойчивы. Однако в штампованных ситах могут быть выполнены отверстия любой формы. Сита с круглыми отверстиями располагают в машине так, чтобы две стороны треугольника, с вершинами которого совмещены центры отверстий, были перпендикулярны направлению движения сырья. Сита с прямоугольными отверстиями располагают в машине так, чтобы продольная ось отверстий совпадала с направлением движения продукта.

Размеры отверстий и частота их расположения на сите влияют на производительность сита.

В зависимости от способа реализации основного условия просеивания и конструкции сит предлагается следующая классификация просеивающих машин (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Классификация просеивающих машин

### 6.3. СКАЛЬПЕРАТОРЫ И КАМНЕОТДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

**Барабанный скальператор А1-БЗО** (рис. 6.2) предназначен для предварительной очистки зерна от крупных примесей (камней, стеблей растений и др.), попавших в зерно во время его уборки, хранения и транспортирования.

Корпус 2 имеет рабочую камеру, где установлен ситовой барабан 3. К корпусу приварены три стойки 6 с опорными пластинами. В них сделаны отверстия для крепления скальператора к перекрытию анкерными болтами. На одной торцевой стенке корпуса с внешней стороны приварен П-образный кронштейн, служащий для установки подшипниковых опор приводного вала и узлов привода. Отверстие на другой стенке предназначено для снятия и установки ситового барабана, его закрывают крышкой. Привод 4 состоит из червячного редуктора и электродвигателя, соединенных клиноременной передачей.

Ситовой барабан с горизонтальной осью вращения закреплен консольно на приводном валу и является основным рабочим органом.

Он состоит из сферического днища, приемной части сита с отверстиями размером 25×25 мм и сходовой – с отверстиями размером 10×10 мм. На внутренней поверхности сходовой части ситового барабана приварена винтообразная лопасть. Она выполнена из листовой стали и служит для ускорения вывода примесей из скальператора.

Щетка-очиститель 5 с эластичными прутками расположена сверху вдоль образующей ситового барабана и закреплена в держателе, откидываемом на шарнирах. Приемное устройство 1 состоит из патрубка и наклонного лотка корытообразной формы.

Принцип работы скальператора заключается в последовательной очистке зерна от крупных примесей. Исходная зерновая смесь равномерно через приемный патрубок 7 поступает по лотку внутрь приемной части ситового барабана 3. Проходя через его отверстия, зерно освобождается от крупных примесей, выводится из машины и подается на последующую очистку. Примеси, постепенно перемещаясь к открытой части ситового барабана, сбрасываются винтовой лопастью в выпускной патрубок для отходов.

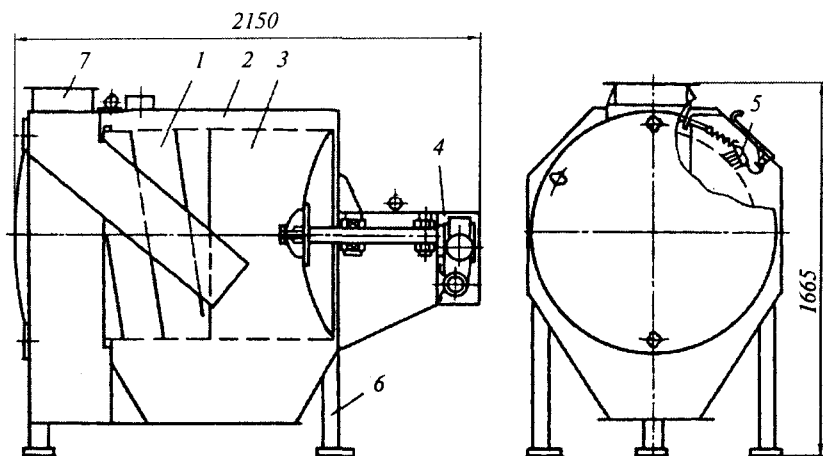


Рис. 6.2. Барабанный скальператор А1-БЗО

На эффективность работы скальператора влияют частота вращения ситового цилиндра, размеры ячеек сита и степень очистки сит.

Отличительной особенностью скальператора А1-БЗО являются высокая эффективность очистки от крупных примесей, простота замены сит и высокая надежность работы.

При эксплуатации скальператора А1-БЗО могут возникнуть следующие неисправности: из-за чрезмерной подачи зерна и засорения отверстий ситового барабана вместе с грубыми примесями выделяется зерно. В случае неподжатия щетки и износа эластичных прутков забиваются отверстия ситового барабана, а при ослаблении приводных ремней барабан не вращается. Перегрев корпусов подшипников и червячно-го редулятора свидетельствует об отсутствии смазки.

### Техническая характеристика барабанного скальператора А1-БЗО

Производительность, т/ч . . . . .	100
Размеры ситового цилиндра, мм:	
длина . . . . .	1078
диаметр . . . . .	950
Частота вращения ситового цилиндра, мин <sup>-1</sup> . . . . .	21
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /мин . . . . .	12
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	0,37
Габаритные размеры, мм . . . . .	2150×1130×1665
Масса, кг. . . . .	400

**Камнеотделительные машины.** Зерновая смесь после очистки в сепараторах, как правило, содержит органические и минеральные примеси, которые могут быть легче или тяжелее зерна, но практически не отличаются по размерам и аэродинамическим свойствам. Поэтому такие примеси не выделяются на ситах и воздушным потоком. Эти примеси в практике очистки зерна считают трудноотделимыми. Состав минеральных примесей разнообразен: мелкая галька; кусочки угля, руды, земли; крупный песок и т.п.

Для высокоэффективного выделения минеральных примесей применяются вибропневматические камнеотделительные машины типа РЗ-БКТ, которые устанавливают после сепараторов.

Основным свойством, по которому возможно выделить минеральные примеси из зерна, является плотность, составляющая 1900...2700 кг/м<sup>3</sup>, т.е. примерно вдвое выше, чем у зерна (1300... 1400 кг/м<sup>3</sup>). Различие этих компонентов по коэффициенту трения также способствует их разделению.

Процесс выделения из зерна минеральных примесей на рабочем органе — наклонной сортирующей поверхности (деке) — в условиях восходящего воздушного потока (без просеивания) можно условно рассматривать как три одновременно протекающих явления. При совместном воздействии вибраций сортирующей поверхности и потока воздуха происходит разрыхление слоя зерна, при этом снижается коэффициент внутреннего трения и зерновая смесь переходит в состояние псевдооживления. В таком слое создаются условия для эффективного самосортирования разнородных компонентов: тяжелые частицы опускаются в нижние слои, достигая сортирующей поверхности, а

частицы с меньшей плотностью стремятся в верхние слои. В расслоенной смеси происходит процесс вибрационного перемещения разнородных компонентов в противоположных направлениях.

Транспортирование вверх создается в результате определенного сочетания: кинематических параметров, угла наклона и коэффициента трения сортирующей поверхности, нагрузки. При отсутствии воздушного потока все компоненты смеси движутся вверх по сортирующей поверхности. При наличии аэрирующего воздействия воздуха псевдоожиженный слой зерна, практически не подверженный транспортирующему воздействию деки, «течет» как жидкость под уклон и разгружается в нижней широкой части деки. Тяжелые минеральные частицы, находящиеся в нижнем слое и имеющие наибольшее сцепление с шероховатой сортирующей поверхностью, транспортируются вверх против наклона деки и выводятся через верхнюю суженную ее часть.

На эффективность и производительность камнеотделительных машин вибропневматического принципа действия оказывают существенное влияние следующие факторы: частота, амплитуда и направление колебаний, скорость воздушного потока, угол наклона деки и коэффициент трения ее поверхности, различие в плотности зерна и минеральных примесей, нагрузка и влажность зерна. Эффективность очистки зерна от минеральных примесей должна быть не ниже 95 %. Содержание годного зерна в отходах не более 1 %.

**Камнеотделительная машина РЗ-БКТ-100** (рис. 6.3) состоит из следующих основных узлов: вибростола, привода, приемных, выпускных и аспирационных устройств и станины.

Вибростол — подвижная часть машины, совершает возвратно-поступательные колебания под углом 30...40° к плоскости деки. Вибростол установлен под углом 5...10° к горизонтали. Он состоит из несущей сварной рамы 19, в которой смонтирована дека, корпуса 15 и крышки из оргстекла для визуального контроля рабочего процесса. В крышке имеются отверстия для присоединения аспирационного рукава 5 и для приемного устройства.

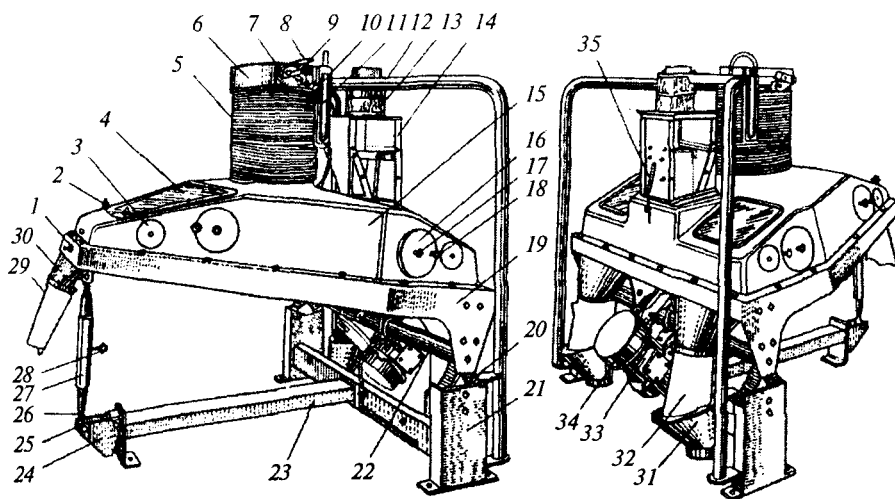


Рис. 6.3. Камнеотделительная машина РЗ-БКТ-100

Дека прикреплена к несущей подвижной раме со стороны выхода минеральных примесей натяжным винтом 1, с противоположной стороны кронштейнами, а по бокам — натяжными уголками и болтами.

Основная часть деки — воздухопроницаемая сортирующая поверхность, которая представляет собой металлотканую сетку с отверстиями размером 1,5×1,5 мм. Изготавливают ее из проволоки диаметром 1 мм. С нижней стороны деки установлено воздуховыравнивающее перфорированное днище с отверстиями диаметром 3,2 мм. Днище прикреплено к деке винтами и гайками-барашками.

Между сеткой и днищем находится сварная рама (решетка) из алюминиевого сплава с продольными и поперечными перегородками, образующими квадраты размером 55×55 мм. Рама и днище предназначены для распределения воздуха.

Корпус машины служит для образования вакуума и размещения вспомогательных узлов машины. В верхней части его расположено пять отверстий: одно — для присоединения приемного устройства, второе — для аспирационного рукава 5 и три отверстия для окон 4. Последние закрыты прозрачным материалом для визуального контроля рабочего процесса с помощью регулировочных винтов 2.

На продольных боковых поверхностях корпуса расположено по два круглых отверстия с крышками 16, имеющими ручку 17 и фиксатор 18. Эти отверстия предназначены для доступа к сетке деки. Рядом с отверстиями установлено четыре регулировочных диска 3 из алюминиевого сплава со шкалой для контроля амплитуды и направления колебаний.

В корпусе машины со стороны выхода минеральных примесей над декой установлен механизм регулирования выпуска минеральных примесей (рис. 6.4). Он представляет собой пластину 1 из оргстекла, фиксируется пружиной 3 и болтом 4 с гайкой. Положение его изменяют регулировочными винтами 2. Пластина 1 находится над сеткой 5 деки и воздухораспределительной решеткой 6.

В крышке корпуса смонтирован штуцер, соединенный гибкой трубкой с манометром 11 (см. рис. 6.3). Внутри корпуса под декой установлен неоновый светильник, который включают по мере необходимости.

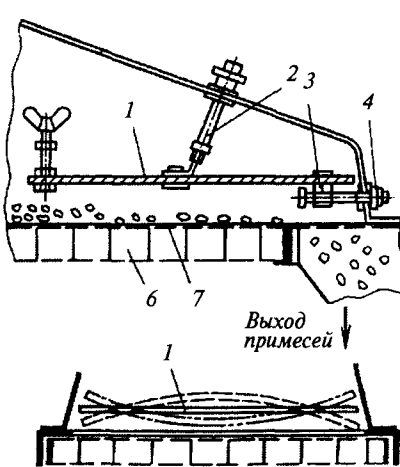


Рис. 6.4. Механизмы регулирования выходного сечения минеральных примесей в машине РЗ-БКТ-100

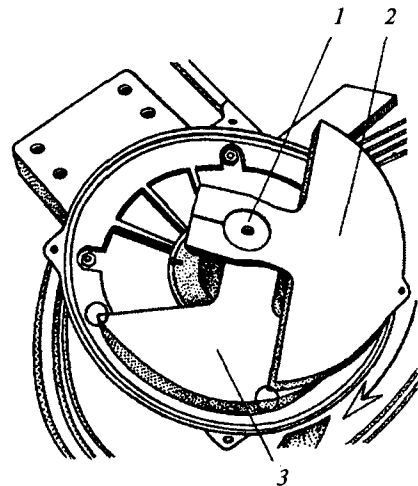


Рис. 6.5. Мотор-вибратор машины РЗ-БКТ-100

Вибростол установлен на трех опорах. Со стороны выхода очищенного зерна нижняя часть вибростола опирается на четыре пружины-амортизатора 20. Они расположены попарно под углом  $90^\circ$  одна к другой. С противоположной стороны установлена вертикальная стойка с шарниром и механизмом регулирования угла наклона вибростола. Этим механизмом изменяют угол наклона деки, поднимая или опуская ее край со стороны выхода минеральных примесей. При вращении трубы 27 за ручку 28 происходит перемещение рым-болтов 26. Последние имеют левую и правую резьбу. Величину угла наклона (в градусах) указывает кромка конуса на вертикальной шкале.

Вертикальная стойка с подвижной рамой деки связана уголками и сайлент-блоками 25, а со станиной 23 — через кронштейн 24 и сайлент-блоки. Они состоят из двух концентрично установленных коротких стальных трубок с запрессованной между ними резиновой втулкой. Сайлент-блоки применяют для соединения подвижной и неподвижной частей или двух частей, движущихся по разным законам.

Приемный патрубок 14 включает следующие основные узлы: питатель, приемник, распределитель. Питатель 13 состоит из корпуса, к которому хомутом прикреплен конус-воронка. Нижняя часть питателя соединена гибким рукавом с приемным патрубком 14, а верхняя — с подводящей самотечной трубой. Приемный патрубок имеет две прозрачные боковины, соединенные между собой металлическими стенками, крышку, питающий клапан, рычаг с пружиной 35 и уголком для крепления к корпусу. Приемный патрубок обеспечивает постоянство нагрузки и герметичность вакуумной системы в узле поступления зерна. Распределитель установлен в корпусе камнеотделительной машины под приемным патрубком непосредственно над декой. Он состоит из двух боковых стенок, между которыми наклонно установлена металлотканая сетка. Здесь происходит предварительная аэрация и распределение исходной смеси зерна по сортирующей поверхности.

Для выхода очищенного зерна предусмотрено два патрубка на нижнем конце вибростола, а для минеральных примесей — один выпускной патрубок на противоположной стороне. Выпускное устройство состоит из металлического патрубка, жестко связанного с рамой вибростола. К патрубку с помощью хомута присоединяют упругий резиновый рукав, сдавленный с двух сторон. Два резиновых рукава 32 выпускают очищенное зерно в воронки 31, связанные с самотечными трубами, а один рукав 29 выпускает минеральные примеси в переносной накопительный бункер. Рукав 29 соединен с патрубком 30 для минеральных примесей.

Вытяжное устройство представляет собой гибкий аспирационный рукав из прорезиненной ткани, соединенный хомутами в нижней части с корпусом машины, а в верхней — с аспирационным патрубком 6. В последнем установлен регулятор воздуха, выполненный в виде заслонки 8 и поворачивающийся с помощью рукоятки 10 вокруг оси 9 на  $90^\circ$ . В горизонтальном положении заслонка 8 перекрывает сечение патрубка. Положение заслонки указывает верхняя кромка кронштейна 7 на шкале. Патрубок с регулятором воздуха прикреплен к станине двумя изогнутыми трубчатыми стойками 12.

Привод камнеотделительной машины и возвратно-поступательное движение осуществляются инерционным вибратором 33. Он представляет собой электродвигатель, на обоих концах вала 1 которого установлены регулировочные грузы 2, 3 (рис. 6.5). Регулируют амплитуду колебаний вибростола, изменяя положение грузов друг относительно друга. При этом фиксируют расстояние  $e$  между двумя точками грузов. Вибратор установлен в центральной части трубы виброрегулятора 22 (см. рис. 6.3) с помощью фиксатора, хомутов, сайлент-блоков и кронштейнов 34.

Виброрегулятор служит для регулирования направления колебаний и установки на нем колеблющихся масс камнеотделительной машины и вибратора. Он состоит из горизонтальной трубы с приваренными к ней опорами, которые прикреплены к несущей раме деки. Труба установлена на четырех пружинах-амортизаторах 20, которые фиксируются конусами стоек станины и конусами вала виброрегулятора. Направление колебаний изменяют, перемещая вибратор в вертикальной и горизонтальной плоскостях относительно вала виброрегулятора.

Станина 23 камнеотделительной машины представляет собой сварную Т-образную конструкцию из двух стальных труб квадратного сечения, кронштейна и двух стоек 21 с конусами для установки пружин-амортизаторов.

Технологический процесс в камнеотделительных машинах происходит следующим образом. Зерносмесь из приемного устройства попадает на сетчатую поверхность распределителя, продувается воздухом и двумя равными потоками поступает на сортирующую поверхность деки. Здесь происходит разделение зерна и минеральных примесей. В результате минеральные примеси транспортируются в верхнюю часть деки и выводятся из машины, а очищенное зерно течет в нижнюю часть и выводится с противоположной стороны. Легкие примеси уносятся воздухом через аспирационное устройство и отделяются в фильтре.

Настройка и регулирование камнеотделительных машин следующие. Рабочий процесс имеет шесть регулируемых параметров: нагрузка, амплитуда и направление колебаний, расход воздуха, угол наклона деки и положение регулировочной пластины в зоне выпуска минеральных примесей. Все параметры имеют механизмы регулирования и соответствующие указатели установленных значений.

Камнеотделительные машины типа РЗ-БКТ после монтажа и наладки тщательно регулируют. Устанавливают вибростол в рабочее положение под углом  $7^\circ$  к горизонтали. Проверяют затяжку резьбовых соединений. На холостом ходу не должно быть несвойственного шума и вибрации.

Амплитуду и направление колебаний проверяют на холостом ходу с помощью регулировочных дисков. До пуска машины все четыре диска на обеих сторонах корпуса вибростола устанавливают так, чтобы вертикальная стрелка на корпусе находилась между  $30$  и  $40^\circ$  нижней шкалы. Если при работе машины направление пунктирной линии с кружками на диске совпадает с направлением колебаний вибростола, видна четкая линия, а тени окружностей — эллипсы — вытянуты вдоль этой линии. Если видна расплывчатая линия, а эллипсы вытянуты под углом, значит, направления не совпадают. Следует ослабить фиксирующий винт, повернуть диск до появления четкой линии и снова закрепить. При отклонении от заданного угла более  $5^\circ$  по шкале дисков, установленных на одной боковой стороне корпуса, необходимо провести коррекцию положения вибратора по вертикали.

Коррекцию угла направления колебаний выполняют следующим образом. Ослабляют скобы крепления вибратора и поворачивают его в вертикальном направлении. Если вибратор перемещают вниз, то угол направления колебаний со стороны выхода очищенного зерна увеличивается, а с противоположной — уменьшается. Смещение вибратора вверх приводит к обратному явлению: уменьшению угла на стороне выхода очищенного зерна и увеличению на противоположной стороне.

Если наблюдается расхождение показателей на шкале дисков, находящихся на разных сторонах корпуса, проводят коррекцию положения вибратора по горизонтали, т.е. сдвигают его по оси вала-виброрегулятора в сторону меньшего угла направ-



ления колебаний. При этом вначале отмечают старое место установки, затем ослабляют скобы, сдвигают вибратор в нужном направлении относительно пометки и затягивают скобы.

Регулировка амплитуды колебаний осуществляется перемещением грузов вокруг вала вибратора. Если раздвигать грузы относительно друг друга, амплитуда уменьшается, а при сближении их — увеличивается. Смещение грузов, установленных в верхней и нижней частях вибратора, должно быть одинаковым и примерно равным 150...160 мм.

При работе машины возникает визуальный эффект пересечения на диске линии хода с линией шкалы. Точка пересечения указывает величину амплитуды колебаний, которая при нормальной работе должна находиться между отметками 4 и 5, что соответствует амплитуде колебаний вибростола 2...2,5 мм.

Дроссельную заслонку регулятора воздуха устанавливают в положение, при котором разрежение по манометру составляет 750 Па без нагрузки.

Необходимо установить пластину на высоту 25 мм над декой со стороны выхода минеральных примесей. Регулируя положение пластины, можно добиться повышения эффективности выделения минеральных примесей.

При работе под нагрузкой следует отрегулировать пружину питающего клапана, смещая ее на нужную засечку рычага, чтобы небольшое количество зерна находилось на слегка прижатом клапане. Если в рабочем режиме слой зерна не «кипит» при открытой заслонке регулятора воздуха, необходимо очистить сетку деки проволочной щеткой. При правильно проведенном регулировании и хорошей эксплуатации машин типа РЗ-БКТ эффективность очистки зерна от минеральных примесей составляет 98...99 %.

Техническая характеристика камнеотделительных машин приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Техническая характеристика камнеотделительных машин

Показатель	РЗ-БКТ	РЗ-БКТ-100	РЗ-БКТ-150
Производительность, т/ч	9	9	12
Площадь ситовой поверхности, м <sup>2</sup>	1	1	1,5
Угол наклона деки, град	6...7	6...7	16...7
Частота колебаний, кол/мин	960	960	960
Амплитуда колебаний, мм	2...2,5	2...2,5	2...2,5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	80	80	120
Разрежение в корпусе (без нагрузки), Па	750	750	750
Мощность электровибратора, кВт	0,3	0,3	0,3
Габаритные размеры, мм	170×1410× ×1960	1750×1420× ×1530	1750×2020× ×1530
Масса, кг	500	275	400

**Камнеотборник А1-БКМ** (рис. 6.6) предназначен для отделения от зерна минеральных примесей, близких ему по размерам (галька, песок и др.) перед размолом на мукомольных предприятиях.

Камнеотборник состоит из следующих основных узлов: двух кузовов 1 и 20, главной рамы 2, аппарата для подработки отходов 10, балансирного механизма 14, привода 28, ограждения 9, приемных и выпускных устройств.

Каждый кузов состоит из распределительной коробки, шестнадцати рабочих рам, трех контрольных рам, основания, лотка 11 для вывода из кузова отходов. Кузова скрепляются вертикальными стяжками.

Рабочая рама состоит из деревянного каркаса, в который вмонтировано рабочее днище. В раме имеются каналы для подвода зерна и отвода минеральных примесей. Рабочее днище состоит из конусного гофрированного диска с обечайкой и воронкой, расположенной в центре диска.

Контрольные рамы по конструкции аналогичны рабочим.

Аппарат подработки отходов состоит из двух рамок 12 и 13, крышки, днища, механизма выпуска минеральных примесей 7, транспортирующей коробки и шнека для возврата зерна с нижней рамки на верхнюю.

Рамки аппарата по конструкции аналогичны рабочим рамам и в основном отличаются размерами диска. Нижний диск, кроме того, выполнен из более толстого листа, так как он больше всего подвержен износу от воздействия минеральных примесей.

Главная рама состоит из траверсы 15, двух продольных швеллеров, откидных угольников, вертикальных и горизонтальных стяжек, с помощью которых кузова крепятся на раме.

В траверсе установлен корпус подшипника балансирного механизма, вал которого с помощью муфты эксцентрично соединен с веретеном 23 приводного механизма, закрепляемого на потолочной раме. Передача вращения от электродвигателя на балансирный механизм осуществляется через клиноременную передачу и веретено.

Главная рама с закрепленными на ней кузовами и аппаратом подработки отходов подвешивается к потолочному перекрытию здания на четырех стальных канатах 27. Приемные патрубки 24 расположены на приемной доске 22, которая крепится с помощью валиков-штанг 26 к потолочной раме. Приемные и выпускные 3, 6 патрубки соединяются с патрубками камнеотборника с помощью рукавов 4, 5, 21.

Управление работой камнеотборника осуществляется с помощью пульта управления 18, кнопочного поста 16, магнитного пускателя 17 и автоматического выключателя 19. Механизм выпуска управляется с помощью электромагнита 25 через тросик 8.

Камнеотборник работает следующим образом. Работа камнеотборника основана на принципе самосортирования смеси на фракции, отличающиеся удельным весом и коэффициентом трения частиц.

При включении электродвигателя начинает вращаться балансир, в результате чего центр массы кузовов (как и все его точки) приводится в круговое поступательное движение.

Зерно, поступающее в распределительную коробку кузова, направляется на шестнадцать рабочих рам (рис. 6.7), на днищах которых совершает круговое движение. В результате процесса самосортирования зерно всплывает, а мелкие и тяжелые частицы (минеральные примеси) опускаются на дно рабочих рам.

Зерновая смесь непрерывно поступает на рамки и, двигаясь по спирали от периферии к центру, освобождается от минеральных примесей. Очищенное зерно через конические воронки выводится из машин.

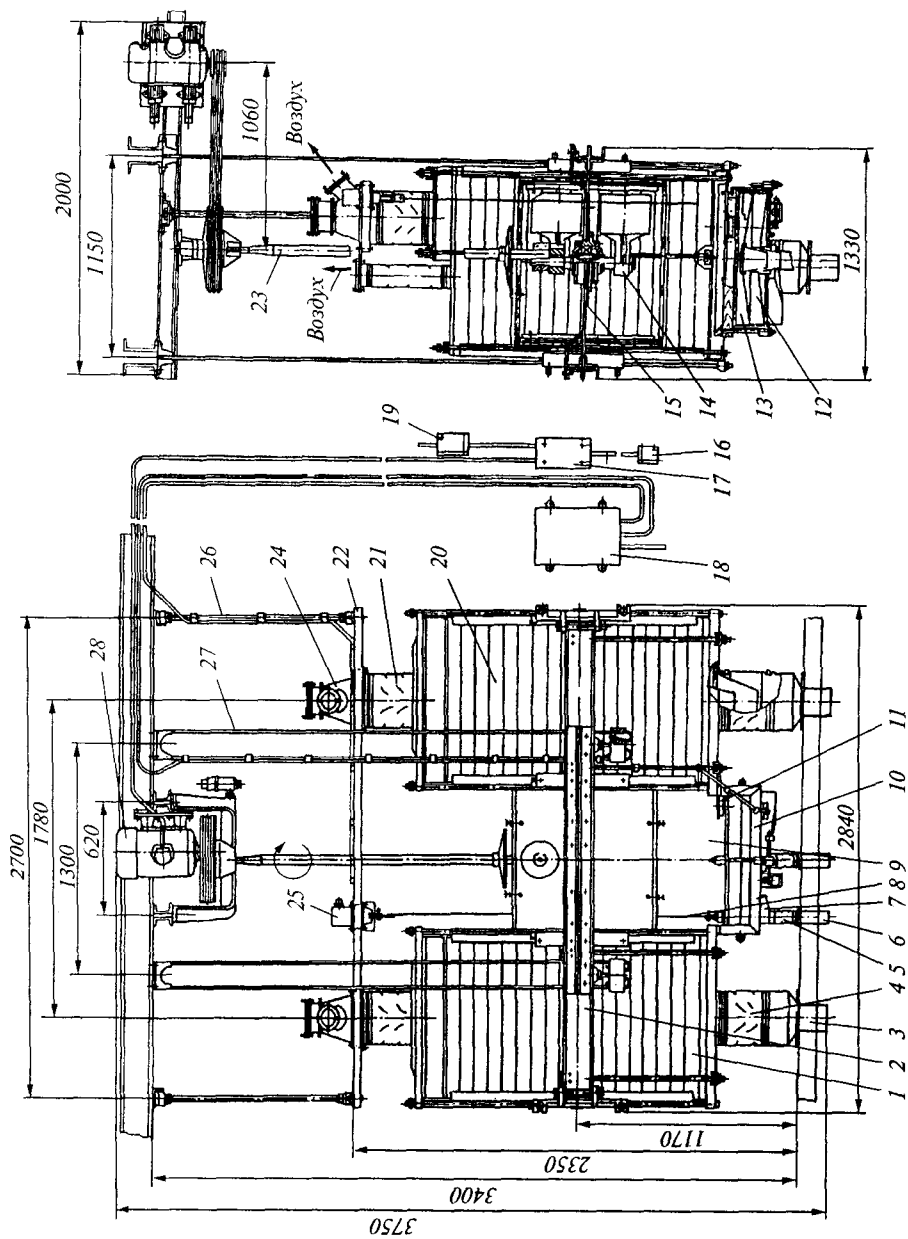


Рис. 6.6. Камнеотборник А1-БКМ

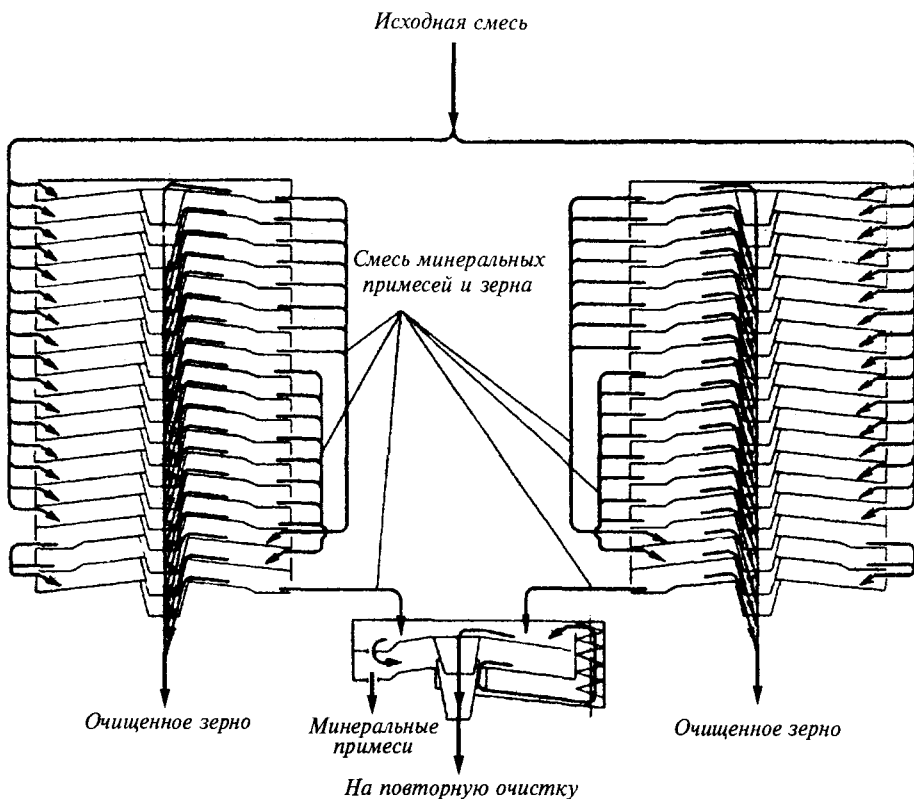


Рис. 6.7. Технологическая схема процесса в камнеотборнике А1-БКМ

Минеральные примеси, опускаясь на дно, по его наклонной поверхности скатываются к обечайке и через прямоугольное отверстие вместе с частью зерна направляются на контрольные рамы (с первых восьми рам — на первую контрольную, с остальных восьми — на вторую).

Процесс выделения минеральных примесей на контрольных рамах аналогичен процессу на рабочих рамках: зерно выводится из машин через центральное отверстие, а смесь минеральных примесей и зерна из первых двух контрольных рам направляется на третью, с которой зерно тоже выводится из машины, а минеральные примеси в смеси с зерном выводятся в аппарат подработки отходов, где зерно продолжает очищаться от отходов. Технологический процесс очистки в аппарате такой же, как и на рабочих рамках. Очищенное на верхней рамке аппарата зерно выводится из аппарата и должно быть направлено на повторную очистку, а минеральные примеси в смеси с зерном направляются на нижнюю рамку аппарата, откуда зерно, отделившееся от минеральных примесей через центральный патрубок, транспортную коробку в шнек, возвращается на верхнюю рамку аппарата для повторной очистки. Минеральные примеси накапливаются на нижнем днище, откуда периодически отводятся с помощью выпускного механизма.

### Техническая характеристика камнеотборника А1-БКМ

Производительность, т/ч . . . . .	15
Эффективность отбора минеральных примесей, % . . . . .	97
Содержание нормального зерна в отходах, %, не более . . . . .	2
Диаметр рабочих дисков, мм . . . . .	900
Частота колебаний веретена, с <sup>-1</sup> . . . . .	3,66...3,82
Радиус круговых колебаний, мм . . . . .	36±2
Мощность установленных электродвигателей, кВт . . . . .	4
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /мин . . . . .	12
Габаритные размеры, мм . . . . .	2840×1330×2350
Масса, кг . . . . .	1950

**Камнеотборник вибропневматический А1-БКР** (рис. 6.8) предназначен для очистки зерна — риса и дробленого риса — от минеральных примесей, а также для подработки отходов основных камнеотборочных машин.

Камнеотборник представляет собой разборную конструкцию и состоит из станины 1, привода 2, зонта вытяжного 3, рамы 4, вибростола 5, коробки фильтра 6, диффузора 7, ограждения 8, вентилятора 9, колебателя 10.

Основным рабочим органом машины является вибростол, который представляет собой металлический каркас со съемной деревянной рамкой, покрытой сверху металлочаным ситом с размерами ячеек 1,0×1,1 мм, толщина проволоки 0,7 мм.

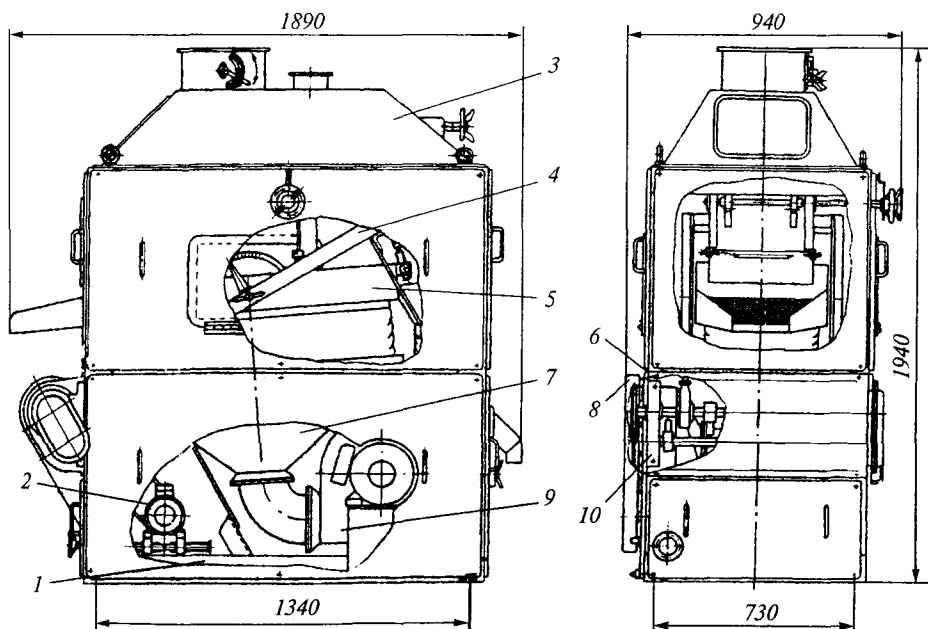


Рис. 6.8. Камнеотборник А1-БКР

Рамка вставляется и выдвигается по направляющим вибростола, фиксация осуществляется поджимными болтами. В нижнем конце вибростола установлена регулируемая заслонка, служащая порогом при сходе зерна с сита. В верхней части вибростола имеются суженные выпускные отверстия для выхода камней.

Вибростол шарнирно соединен с рамой, которая установлена на плоских пружинных стойках на станине под углом  $30^\circ$  к горизонтали.

Рама с вибростолом приводится в поступательно-возвратное движение электродвигателем через клиноременную передачу и эксцентриковый колебатель. Частота колебаний изменяется при помощи раздвижного шкива, установленного на валу электродвигателя, а угол наклона вибростола регулируется винтовым механизмом через гибкий вал.

Для равномерного распределения воздушного потока по всей рабочей ситовой поверхности вибростола служит диффузор, в верхней части которого установлена съемная распределительная рамка с решетным полотном и капроновой тканью. Воздух в диффузор нагнетается центробежным вентилятором, установленным на станине. С всасывающей стороны вентилятор переходником соединяется с ячейковым фильтром, который служит для очистки поступающего воздушного потока от пыли и представляет собою металлический каркас с набором различной плотности сит. Для регулирования поступающего количества воздуха в коробке фильтра установлена щелевидная заслонка. Сверху на станине установлен вытяжной зонт, внутри которого размещен приемный бункер. К нижнему фланцу приемного бункера крепится питатель, имеющий подвижную заслонку для регулирования количества продукта, поступающего на рабочую рамку.

Вывод продукта и минеральных примесей из машины осуществляется через лотки, которые расположены на противоположных сторонах вибростола.

Для удобства обслуживания и эксплуатации машина имеет откидные фортки, все движущиеся механизмы ограждены, в целях предотвращения разбрызгивания зерна на выходе из лотка предусмотрен специальный фартук.

Камнеотборник работает следующим образом. Работа вибропневматического камнеотборника (рис. 6.9) основана на принципе сортирования смеси на фракции, которые отличаются плотностью, коэффициентом трения и скоростью витания частиц.

Продукт из приемного бункера через питатель поступает на наклонную ситовую поверхность вибростола, совершающего поступательно-возвратное движение.

В процессе самосортирования зерно, имеющее относительно меньший удельный вес, под действием восходящего воздушного потока приобретает свойства текучести и перемещается по наклонной ситовой поверхности в сторону наклона вниз. Минеральные примеси, имеющие относительно больший удельный вес, проходят через слой зерна и, достигнув ситовой поверхности, под действием инерционных сил, возникающих от поступательно-возвратного движения, перемещаются по наклонной ситовой поверхности вверх.

Таким образом, происходит транспортирование частиц с разными физическими свойствами в противоположных направлениях.

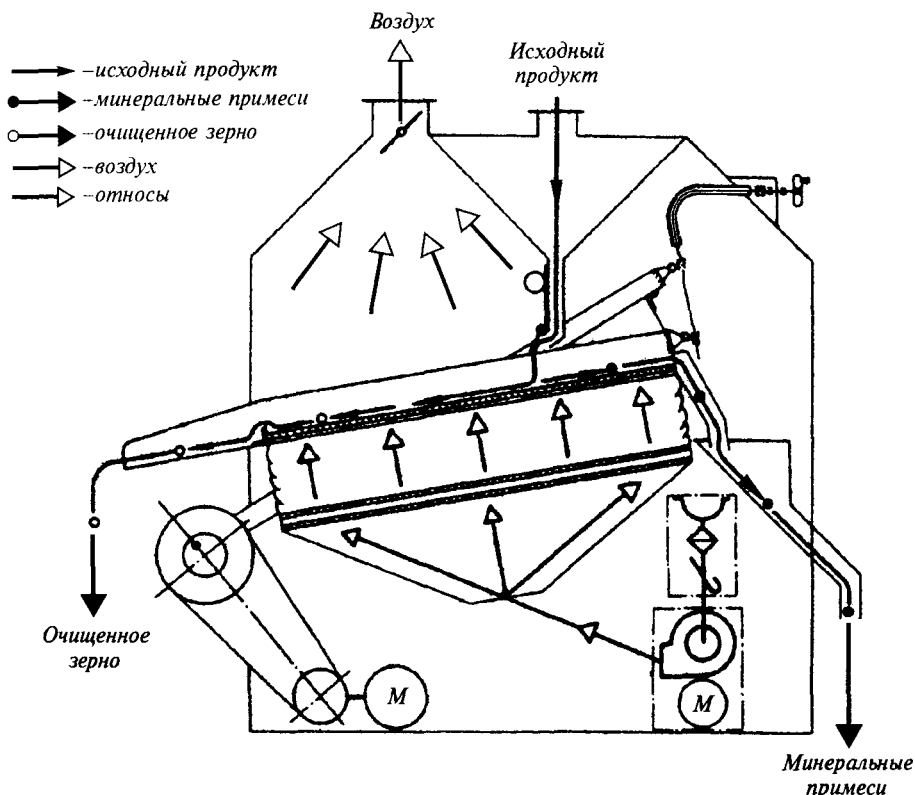


Рис. 6.9. Технологическая схема процесса в камнеотборнике А1-БКР

Высота слоя зерна на поверхности сита регулируется при помощи порога на нижнем сходовом конце рабочей рамки, высота которого может меняться в зависимости от вида обрабатываемого продукта.

### Техническая характеристика камнеотборника А1-БКР

Производительность техническая, т/ч:

на зерне пшеницы . . . . .	1,5
на зерне риса. . . . .	1,0

Эффективность отбора минеральных примесей, %:

от зерна пшеницы . . . . .	99
от зерна риса . . . . .	75...95
от дробленки риса . . . . .	75...90

Частота колебаний вибростолы, Гц:

для пшеницы . . . . .	10,8
для риса . . . . .	9,1

Амплитуда колебаний вибростола, мм . . . . .	5,5
Угол наклона к горизонтали, град:	
плоскости колебаний . . . . .	30
вибростола . . . . .	8...15
Площадь ситовой рабочей поверхности вибростола, м <sup>2</sup> . . . . .	0,4
Мощность установленных электродвигателей, кВт. . . . .	2,05
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч:	
на поддув зерна. . . . .	2300...2700
на аспирацию . . . . .	2500...3000
Габаритные размеры, мм. . . . .	1890×940×1940
Масса, кг . . . . .	540

**Инженерные расчеты.** Расчет камнеотборников включает определение производительности, потребляемой мощности привода, габаритных размеров деталей рабочих органов.

Частота вращения эксцентрика  $n$  (с<sup>-1</sup>), приводящего просеивающие сита в возвратно-поступательное движение:

$$n = (35...40)\sqrt{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha) / r},$$

где  $\varphi$  — угол трения частицы о поверхность сита, град,

$$\varphi = \operatorname{arctg} K_T,$$

здесь  $K_T$  — коэффициент трения;  $\alpha$  — угол наклона сита, град;  $r$  — эксцентриситет (радиус кривошипа), м.

Производительность камнеотборника  $\Pi_T$  (кг/с) с прямоугольной просеивающей поверхностью

$$\Pi_T = hbv\rho,$$

где  $h$  — толщина слоя материала в начале просеивающей поверхности, м;  $b$  — ширина просеивающей поверхности, м;  $v$  — скорость движения материала по поверхности, м/с;  $\rho$  — плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность  $N$  (кВт), потребная для приведения в движение сит:

$$N = kn^3r^2(m_c - m_n) / 250,$$

где  $k$  — коэффициент ( $k = 2,0...2,5$ );  $n$  — частота вращения эксцентрика, с<sup>-1</sup>;  $r$  — эксцентриситет, м;  $m_c$  — масса качающихся частей сита, кг;  $m_n$  — масса слоя продукта на сите, кг;

$$m_n = Sh\rho g,$$

здесь  $S$  — площадь сита, м<sup>2</sup>;  $h$  — толщина слоя продукта, м;  $\rho$  — насыпная плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.



#### 6.4. ВОЗДУШНО-СИТОВЫЕ СЕПАРАТОРЫ И ПРОСЕИВАТЕЛИ

Зерноочистительные сепараторы предназначены для очистки зерна от примесей, отличающихся от него толщиной, шириной, аэродинамическими и ферромагнитными свойствами.

Очистка зерна осуществляется путем отделения примесей при последовательном просеивании на наклонно расположенных решетках, совершающих возвратно-поступательное движение, и двукратного продувания зерна воздухом в каналах — при поступлении зерна в сепаратор и при выходе из него. В некоторых сепараторах (ЗСМ-5, ЗСМ-10) предусмотрена магнитная защита.

**Сепараторы типа ЗСМ** (рис. 6.10) по конструкции во многом аналогичны друг другу. Они имеют сварную станину 3, верхний 5 и нижний 4 решетные кузова, приемную 9 и аспирационную 11 камеры, вентиляторы с приводом, электродвигатель 8, пневмосепарирующий канал 7 с магнитной защитой.

Вентиляторы сепараторов ЗСМ-10 и ЗСМ-20 снабжены индивидуальными электродвигателями, а вентиляторы в ЗСМ-5 приводятся в движение от одного электродвигателя. Каждый решетный кузов подвешен к станине на четырех вертикальных пружинных подвесках. Решетные кузова сепараторов ЗСМ-5 и ЗСМ-10 имеют три ряда выдвигающихся решетных рамок, а сепаратор ЗСМ-20 — четыре ряда. Решета первого ряда — сортировочные, второго — разгрузочные, третьего и четвертого — подсевные.

Решетные кузова приводятся в движение эксцентриковым колебателем 1 от электродвигателя 2 через клиноременную передачу. Для уравнивания сил инерции колеблющихся масс эксцентриковый колебатель снабжен двумя шкивами с противовесами.

Решета очищаются инерционными очистительными механизмами. Степень прижатия очистителя к решетке регулируют подъемом плоской пружины.

На верхнем кузове смонтирована приемная камера, имеющая рамку с приемным решетом. В приемной камере 9 установлен распределительный шнек 10 для равномерного распределения зерна по всей ширине камеры. На станине установлена аспирационная камера с двумя вентиляторами, которые входными отверстиями присоединены к всасывающим воздуховодам аспирационной камеры, а выходными — к фильтру.

Внутри аспирационной камеры имеется канал первой продувки и две осадочные камеры. В задней части станины находится пневмосепарирующий канал 7, в котором осуществляется вторая продувка. Пневмосепарирующий канал, приемная и аспирационная камеры имеют люки для обслуживания и шнеки 12 для удаления легких примесей.

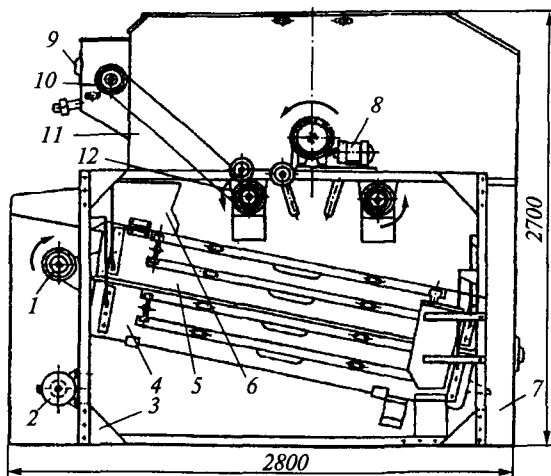


Рис. 6.10. Зерноочистительный сепаратор ЗСМ

Процесс очистки зерна в сепараторе происходит следующим образом. Зерно, поступающее из бункера регулируемым потоком, с помощью наклонных скатов распределяется по всей ширине приемной камеры. Преодолевая сопротивление клапана, зерно равномерным слоем поступает в аспирационный канал первой продувки, в нем происходит выделение из зерна легких примесей, которые уносятся воздушным потоком в первую осадочную камеру, затем через лепестковые клапаны поступают в лоток и выводятся из сепаратора.

Освобожденный от легких примесей воздух из первой осадочной камеры по воздухопроводу поступает в вентилятор первой продувки, а из него — в фильтр. Режим в аспирационной камере регулируется установленным в ней клапаном. Из канала первой продувки зерно через приемную коробку *б* поступает на приемное решето, сходом с которого идет крупный сор, удаляемый из сепаратора лотком, а проходит зерно направляется на сортировочное решето. Сходом с сортировочного решета идут примеси крупнее зерна, а проходит зерно поступает на разгрузочное решето, которое по длине состоит из двух частей: одна — с отверстиями диаметром 5 мм, другая — с отверстиями диаметром 4 мм, что обеспечивает более эффективное отделение мелких примесей.

Сходом с разгрузочного решета идет зерно, не содержащее мелких примесей, которое затем поступает в аспирационный канал второй продувки, а проходит зерно и мелкие примеси поступают на подсевное решето. Распределение зерна по подсевным решетам осуществляется делителем щелевого типа. Подсевные решета отделяют от полноценного зерна мелкое, битое зерно, сорняки и минеральные примеси, которые собираются на поддонах кузова и по лотку выводятся из него.

Освобожденное от мелких примесей зерно, идущее сходом с подсевного решета, также поступает в аспирационный канал второй продувки. При этом легкие примеси по каналу *7* уносятся во вторую осадочную камеру и через лепестковые клапаны по лотку выводятся из сепаратора, а воздух из камеры по всасывающему воздухопроводу поступает в вентилятор второй продувки и далее в циклон. Поток зерна из канала второй продувки проходит через магнитный аппарат, освобождается от металломагнитных примесей, и очищенное зерно выводится из сепаратора.

Техническая характеристика сепараторов типа ЗСМ представлена в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Техническая характеристика сепараторов типа ЗСМ

Показатель	ЗСМ-5	ЗСМ-10	ЗСМ-20
Производительность, т/ч	5	10	20
Частота колебаний ситового кузова, с <sup>-1</sup>	8,3	8,3	8,3
Амплитуда колебаний ситового кузова, мм	6	5	5
Угол наклона сит, град	11	11	11
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин:			
первой продувки	0,42	1,28	1,28
второй продувки	0,42	1,33	1,33
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	10	10
Габаритные размеры, мм	2800×1200×2600	2800×2800×2700	2800×2800×2700
Масса, кг	1000	1500	1600

**Сепаратор ЗСП-10** (рис. 6.11) предназначен для очистки зерна (пшеницы, ржи, овса и др.) от примесей, отличающихся геометрическими размерами (шириной и толщиной). Аспирация служит для обеспыливания машины и технологических функций не выполняет. Примеси отделяются в процессе последовательного просеивания зерна на ситах.

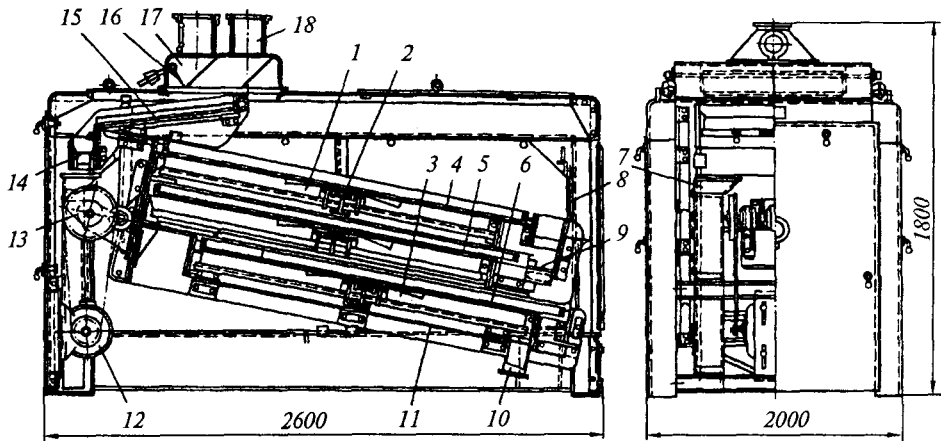


Рис. 6.11. Сепаратор ЗСП-10

Сепаратор ЗСП-10 выполнен в виде разборной металлической станины, внутри которой подвешены два ситовых кузова 1 и 3 на восьми пружинах 8, расположенных вертикально. Для удобства обслуживания сепаратора станина снабжена съемными люками.

Возвратно-поступательное движение ситовым кузовам сообщается эксцентриковым колебателем 13, который приводится в действие от электродвигателя 12 через клиноременную передачу. Для равномерного распределения зерна по ширине сит служит приемно-распределительное устройство 17 с грузовым клапаном 16.

Сепаратор имеет четыре ряда сит: первый — приемное сито 15, второй — сортировочное 4, третий — разгрузочное 5 и четвертый — подсевное сито 6. Сита, кроме приемного, очищаются инерционными очистительными механизмами 2.

Зерно, подлежащее очистке, из приемно-распределительного устройства 17, преодолевая сопротивление клапана, поступает равномерным слоем на приемное сито 15. Сход с него выводится лотком 14 в сборник отходов 7. Проход приемного сита поступает на сортировочное 4, которое служит для выделения из зерна крупных примесей. Они сходом с сита попадают в поперечные лотки 9 и выводятся из машины.

Зерно, прошедшее через сортировочное сито, поступает на разгрузочное 5, в верхней части которого поток зерна разделяется на две части: одна идет сходом с разгрузочного сита, а другая проходом поступает на подсевное сито 6 нижнего кузова. Сход с разгрузочного и подсевного сит (очищенное зерно) объединяют и выводят из машины. Проход подсевного сита (песок, семена сорных растений, битое и щуплое зерно) по поддону 11 нижнего кузова поступает в патрубок 10 и выводится из машины. Машину аспирируют, включая ее в вентиляционную сеть через патрубок 18.

При эксплуатации сепаратора ЗСП-10 необходимо, чтобы зерно на половине длины сортировочного сита полностью проходило на разгрузочное сито; размер отверстий этого сита устанавливают так, чтобы сход зерна с него был не ниже 35 %, но не более 50 % от общей нагрузки.

Если зерно идет сходом с приемного сита и с подсевного попадает в подсев, то приемное сито забилось крупным сором, а подсевное — повреждено. При избыточном поступлении зерна на сита задвижка над питателем чрезмерно открыта, при тяжелом ходе колебателя и нагреве подшипников необходимо проверить правильность крепления кронштейнов и смазку.

Остановка инерционного очистительного механизма может быть вызвана износом колодки тормозного башмака, увеличением зазора между башмаком и угольником, обрывом спиральной пружины. Если механизм передвигается, но не очищает сито, то это означает, что сработались резиновые очистители или лопнула плоская пружина.

### Техническая характеристика сепаратора ЗСП-10

Производительность, т/ч . . . . .	10
Эффективность, % . . . . .	40...50
Колебания ситового кузова:	
частота, кол/мин . . . . .	500
амплитуда, мм . . . . .	5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	900
Сита:	
ширина, мм . . . . .	650
угол наклона, град . . . . .	11
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1,1
Габаритные размеры, мм . . . . .	2600×2000×1800
Масса, кг. . . . .	1000

Зерноочистительный сепаратор А1-БМС-6 (рис. 6.12) предназначен для отделения от зерна основной культуры примесей, отличающихся шириной, толщиной и аэродинамическими свойствами.

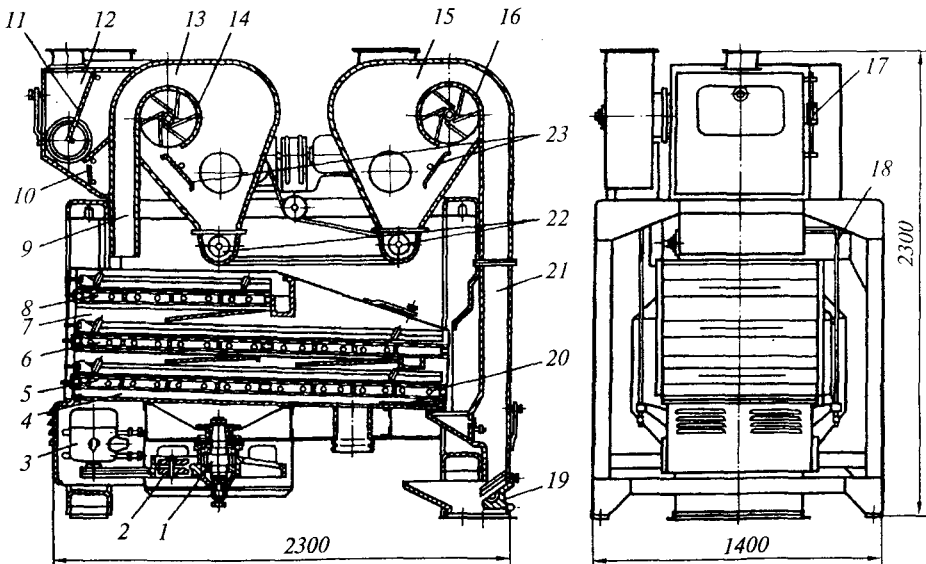


Рис 6.12. Сепаратор А1-БМС-6

Сепаратор А1-БМС-6 выполнен в цельнометаллическом исполнении. Станина разборной конструкции изготовлена из гнутого профиля. Ситовой корпус имеет раму 4, на которой монтируют балансирующий механизм 1 с приводом 3. Раму четырьмя тросовыми подвесками 18 подвешивают к станине. Сверху на раму устанавливают ситовой корпус с тремя рядами сит: первый — приемное сито 8, второй — сортировочное 6, третий — подсевное 5. Ситовые рамы вынимают спереди машины. Сита сменные, их подбирают в зависимости от обрабатываемого зерна. Сита, установленные под углом  $3^\circ$  к горизонтали, очищаются резиновыми шариками 20. Ситовой корпус совершает круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости. Радиус траектории его колебания регулируют сменными грузами 2, а частоту круговых колебаний — шкивами на электродвигателе.

Осадочные камеры 13 и 15 с питающими устройствами, двумя вентиляторами 14 и 16 и двумя шнеками 22 устанавливают на станине. Пневмосепарирующий канал крепят к станине и камере второй продувки. В нижней части пневмосепарирующего канала второй продувки смонтирована магнитная защита 19 для улавливания металломагнитных примесей из зерна.

Приемная камера 12 снабжена специальным устройством, которое автоматически поддерживает постоянный уровень зерна в камере независимо от количества поступающего в сепаратор зерна. Это устройство состоит из верхнего 11 и нижнего 10 грузовых клапанов, заблокированных между собой тягой 17.

Зерно, заполняя приемную камеру, поднимается до верхнего клапана, оказывает давление на него и, преодолевая сопротивление грузов, отклоняет верхний клапан вправо. Одновременно, за счет блокировки клапанов, открывается нижний клапан и через образующуюся щель зерно поступает в пневмосепарирующий канал 9 первой продувки равномерным потоком по всей его длине. Благодаря постоянному подпору зерна в приемной камере исключается попадание воздуха в осадочную камеру, минуя зону сепарирования, что увеличивает эффективность очистки в пневмосепарирующем канале 9.

Затем зерно поступает на приемное сито 8, сходом с которого идет крупный сор, удаляемый из сепаратора через лоток. Проход направляют на сортировочное сито 6, сходом с которого идут примеси крупнее зерна, а проход (зерно) поступает на подсевное сито 5, где от полноценного зерна отделяются мелкие, битые зерна, сорняки и минеральные примеси. Их собирают на поддоне ситового корпуса и выводят за пределы сепаратора через патрубок.

Очищенное от мелких и крупных примесей зерно, преодолевая сопротивление выпускного клапана, поступает во второй пневмосепарирующий канал 21. Легкие примеси, уносимые из зерна воздушным потоком, оседают в камере 15 второй продувки, затем шнеком и по системе лотков, объединяясь с легкими примесями осадочной камеры 13 первой продувки, выводятся из сепаратора. Воздушные режимы в каналах первой и второй продувок регулируют клапанами 23, установленными в осадочных камерах.

### Техническая характеристика сепаратора А1-БМС-6

Производительность, т/ч . . . . .	6
Эффективность, % . . . . .	70...80
Колебания ситового корпуса:	
частота, кол/мин . . . . .	330...340
радиус, мм . . . . .	11

Размер сита, мм:	
приемного . . . . .	850×685
сортировочного . . . . .	1700×685
подсевного . . . . .	1700×685
Угол наклона сит, град . . . . .	3
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	3200
В том числе в канале продувки:	
первой . . . . .	1650
второй . . . . .	1550
Мощность электродвигателей, кВт . . . . .	5,05
Габаритные размеры, мм . . . . .	2300×1400×2300
Масса, кг . . . . .	1300

**Сепараторы типа А1-БИС и А1-БЛС** относят к ситовоздушным сепараторам, на ситах которых зерно очищается от примесей, отличающихся от него шириной и толщиной, а в пневмосепарирующем канале — скоростью витания.

Отличительные особенности конструкции сепараторов — отсутствие осадочных камер и совмещение функции дебаланса и приводного шкива, что значительно уменьшает высоту и обеспечивает безопасность обслуживания; наличие регулируемого пневмосепарирующего канала позволяет изменять скорость воздуха. Круговое поступательное движение обеспечивает высокую эффективность очистки зерна от крупных и мелких примесей, а прижим ситовых рам эксцентриковым механизмом — хорошую фиксацию, простую установку и выемку ситовых рам. Благодаря освещению пневмосепарирующего канала можно визуально контролировать процесс выделения легких примесей.

**Сепараторы типа А1-БИС-12** (рис. 6.13) состоят из двухсекционного ситового корпуса, подвешенного к станине на гибких подвесках, и вертикального пневмосепарирующего канала.

В корпусе сепаратора А1-БИС-12 установлены выдвигающиеся рамы с сортировочными 11 и подсевными 10 ситами, зафиксированные эксцентриковыми механизмами. Ситовые рамы продольными и поперечными брусками разделены на ячейки, в каждой из которых имеется по два резиновых шарика 13, предназначенных для очистки сит. К нижней плоскости ситовой рамы прикреплены сетчатые фордоны.

На передней стенке ситового корпуса установлен электродвигатель 9, который посредством клиноременной передачи приводит во вращение шкив 8 с дебалансным грузом, обеспечивающий круговое поступательное движение ситового корпуса. В верхней части станины установлен приемный патрубок 12 для поступления исходного зерна и патрубок 14 для подключения к аспирационной сети. Очищенное зерно выходит через выпускной канал 3. Для вывода крупных примесей служит лоток 7, для мелких — лоток 6. Со стороны сходовой части корпуса установлен пневмосепарирующий канал 2 с вибрлотком 4, предназначенным для подачи зерна в канал.

Для наиболее эффективного выделения легких примесей в пневмосепарирующем канале регулируют амплитуду колебаний вибрлотка с помощью вибратора 5, величину вылета его в канал, размер выходной щели и скорость воздушного потока (положением подвижной стенки 1) в верхней и нижней частях канала, а также расход воздуха.

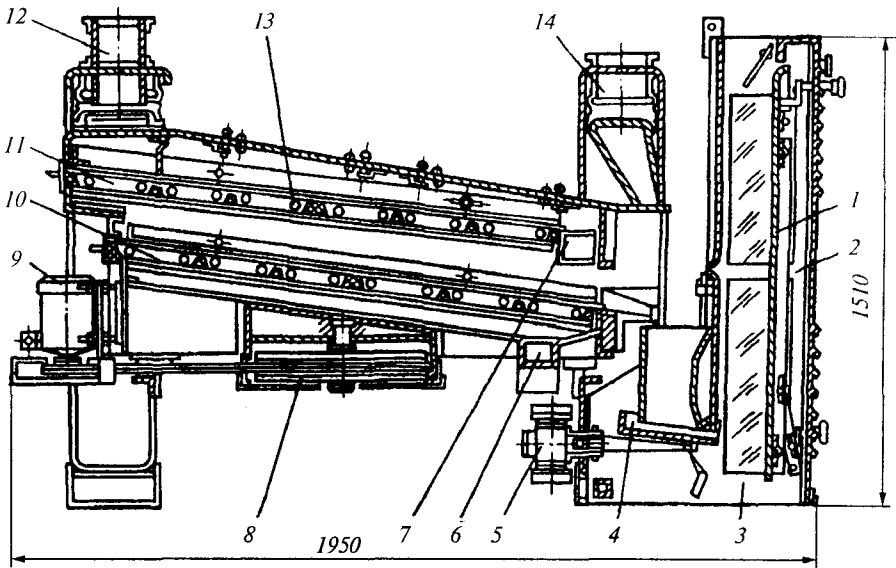


Рис. 6.13. Сепаратор А1-БИС-12

В комплект поставки сепаратора входит специальный горизонтальный циклон, предназначенный для осаждения относов и устанавливаемый после сепаратора. Циклон представляет собой усеченный конус 2 (рис. 6.14), внутри которого на общей горизонтальной оси расположены два внутренних конуса 3, 4 меньших размеров. Они сварены между собой большими основаниями так, что образованный между конусами кольцевой канал вначале постепенно сужается, а затем резко расширяется, переходя в расширительную камеру 5, присоединенную к большому основанию наружного конуса 2. С противоположной стороны камера 5 имеет выходной патрубок 6.

Во входной части циклона приварены четыре криволинейные лопасти 1, обеспечивающие закручивание воздушного потока в кольцевом канале. Снизу к расширительной камере присоединяют шлюзовой затвор 7 либо противоподсосный клапан.

Принцип работы сепараторов следующий (рис. 6.15): очищаемое зерно из приемного патрубка 1 самотеком поступает в ситовой корпус на распределительное днище 2, крупные примеси (сход с сортировочного сита 3) выводятся через фартук 5 по лотку 9 из сепаратора, а смесь зерна с мелкими примесями проходит через сортировочное сито 3 направляется на подсевное сито 4. Мелкие примеси (проход подсевного сита) поступают в лоток 12 и удаляются из сепаратора.

Очищенное на ситах от крупных и мелких примесей зерно поступает на вибролоток 10 и далее в пневмосепарирующий канал 6; при прохождении воздуха через поток зерна легкие примеси выделяются из зерновой смеси и выносятся воздухом через канал в горизонтальный циклон. С помощью дроссельного клапана 7 и подвижной стенки 8 регулируется аэродинамический режим, обеспечивающий эффективное удаление легких примесей из сепаратора. Очищенное зерно из пневмосепарирующего канала через отверстие в полу по самотечным трубам идет на дальнейшую обработку.

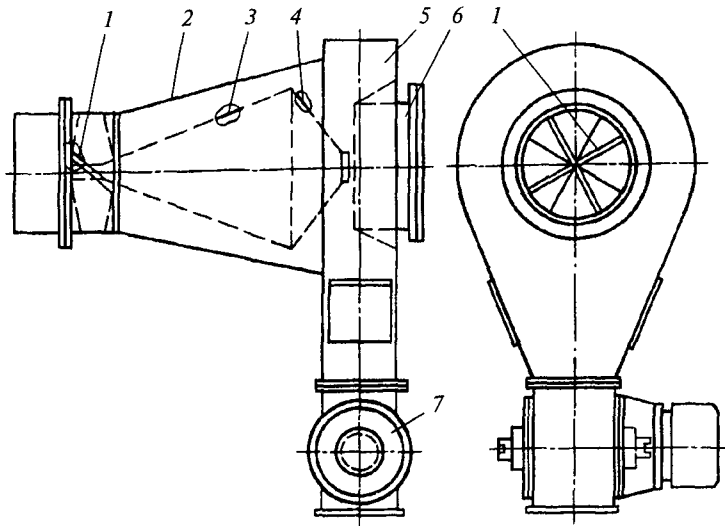


Рис. 6.14. Циклон сепаратора А1-БИС-12

Во время работы сепаратора под нагрузкой особое внимание обращают на равномерность подачи зерна в ситовой корпус, равномерность распределения зерна по ширине сортировочных сит, плавность хода ситового корпуса, отсутствие подпора зерна и чрезмерного пыления, наличие подпора зерна в питающих коробках 11 над виброточками 10, эффективность сепарирования в пневмосепарирующем канале, отсутствие забиваемости сит зерном и примесями.

### Техническая характеристика сепаратора А1-БИС-12

Производительность, т/ч . . . . .	12
Эффективность, % . . . . .	60...80
Колебания ситового корпуса:	
частота, кол/мин . . . . .	330...340
радиус, мм . . . . .	11
Размер ситовых рам, мм . . . . .	1000×1000
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	6000
Мощность электродвигателя, кВт:	
привода . . . . .	1,1
вибраторов . . . . .	0,24
Габаритные размеры, мм. . . . .	1950×2525×1510
Масса, кг . . . . .	1450

**Сепаратор А1 - БЛК** (рис. 6.16) предназначен для очистки круп от сорных примесей, отличающихся от них размерами и аэродинамическими свойствами.

Сепаратор А1-БЛК состоит из распределителя 1, станины 2, кузова 3, двух решетных рамок 4 и 5, привода 6, траверсы 8, ограждений 7 и 9 и двух лотков 10.



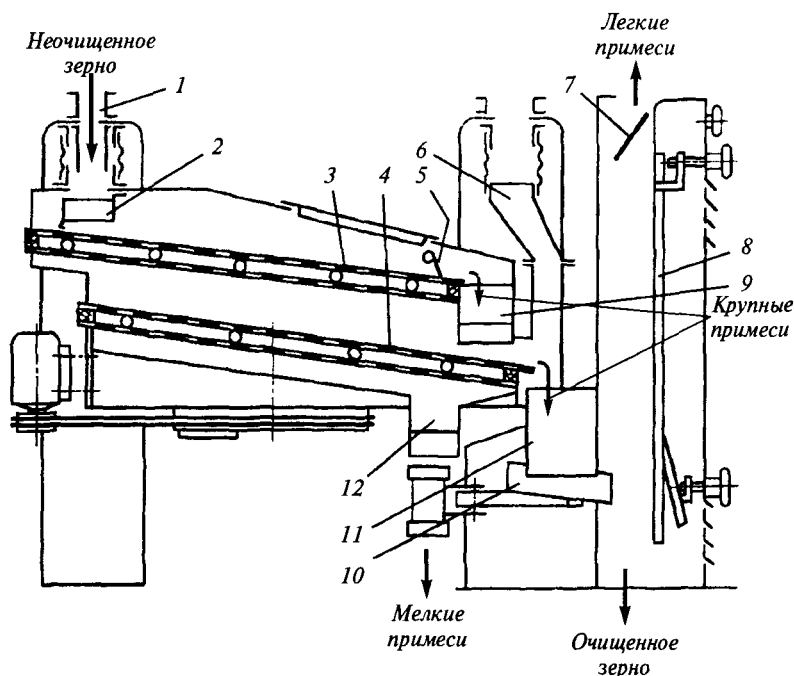


Рис. 6.15. Технологическая схема процесса в сепараторах А1-БИС-12 и А1-БИС-100

Решетный кузов 3 подвешен к станине 2 на четырех гибких подвесках. Он состоит из секции, в которой в два яруса установлены выдвигающиеся решетчатые рамки 4 и 5. Решетчатые рамки 4 и 5 продольными и поперечными брусками разделены на ячейки, в каждой из которых имеется по два резиновых шарика диаметром 35 мм, предназначенных для очистки решет от застрявших частиц. К нижним плоскостям решетчатых рамок прикреплены сетчатые поддоны. Решетчатые рамки вставляются между боковинами кузова по направляющим уголкам. Зажатие и освобождение решетчатых рамок обеспечиваются за счет вертикального перемещения валков и прижимов при повороте эксцентриковых втулок специальным ключом.

На передней стенке станины установлен двигатель, который с помощью клиноременной передачи приводит во вращение шкив с закрепленным на нем дебалансным грузом, обеспечивающим круговое поступательное движение решетчатого кузова. Шкив свободно вращается на оси, запрессованной в расточке траверсы 8 кузова 3, на двух роликоподшипниках. В верхней части передней стенки станины имеются два смотровых патрубка, на которых стоит распределитель потока крупы. На нижние патрубки станины и решетчатого кузова надеты матерчатые рукава с вшитыми в них резиновыми уплотняющими кольцами.

В зоне выхода из решетчатого кузова очищенная от грубых и мелких примесей крупа поступает сходом с нижнего сита через каскадное устройство в аспирационную зону. Здесь осуществляется отсос пыли и легких примесей от крупы. Эффективность выделения легких примесей регулируется клапаном, находящимся в аспирационном трубопроводе. В верхней части аспирационной коробки решетчатого кузова установлен аспирационный патрубок, соединенный с патрубком станины матерчатым рукавом. В целях предотвращения возможных ударов кузова о станину при пуске и

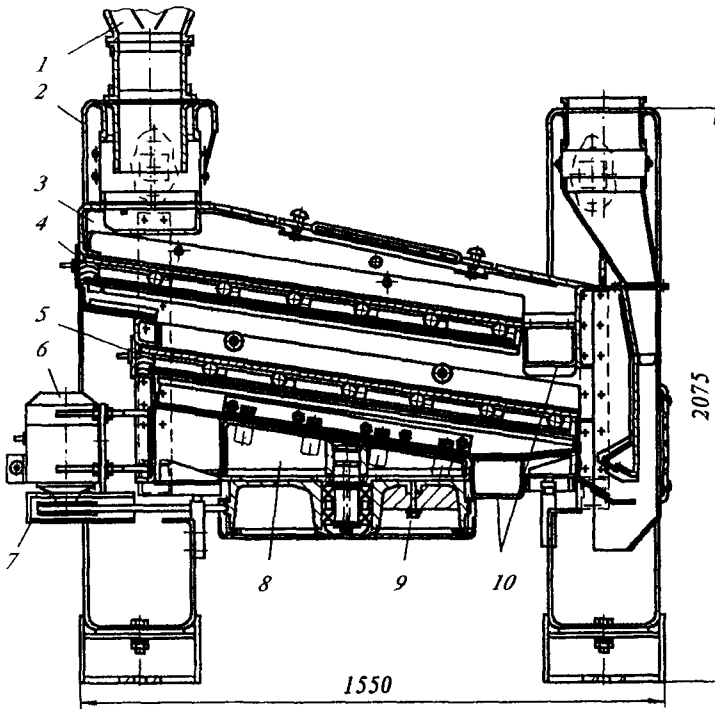


Рис. 6.16. Сепаратор А1-БЛК

остановке машины на нижней крыше станины закреплены ограничители с резиновыми амортизационными кольцами. Лотки 10 служат для отвода крупных и мелких примесей.

Процесс очистки крупы в сепараторе осуществляется следующим образом. Крупа из самотека поступает в распределитель 1, который делит крупу на два потока. Из приемного патрубка крупа идет на распределительное днище, на котором с помощью скатов распределяется равномерным слоем по ширине сортировочного решета. Сход с сортировочных решет, представляющий собой крупные примеси, выводится из сепаратора верхним лотком 10, а смесь крупы с мелкими примесями проходит через сортировочное решето поступает на подсевное решето. Проход подсевного решета (мелкие примеси) по днищу кузова направляется в нижний лоток 10 и выводится из сепаратора. Очищенная крупа поступает сходом с нижнего сита через каскадное устройство в аспирационную коробку, а оттуда выводится из сепаратора.

#### Техническая характеристика сепаратора А1-БЛК

Производительность, т/ч . . . . .	2,5
Частота колебаний решетного кузова, мин <sup>-1</sup> . . . . .	54
Радиус колебаний решетного кузова, мм . . . . .	9±2
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,2
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	0,75
Габаритные размеры, мм . . . . .	1550×1360×2075
Масса, кг . . . . .	550

Для оценки работы сепараторов приняты следующие показатели: производительность, содержание полноценных зерен в отходах и технологический эффект очистки зерна от примесей.

**Инженерные расчеты.** Производительность  $\Pi$  (кг/ч) сепаратора определяют по результатам снятия баланса продуктов и выражают следующей зависимостью:

$$\Pi = G/\tau,$$

где  $G$  — масса поступающей в машину зерновой смеси, кг;  $\tau$  — время снятия баланса, ч.

Содержание полноценных зерен в отходах или полноту разделения  $a$  (%) определяют по формуле

$$a = (G_3/G_0) \cdot 100,$$

где  $G_3$  — масса полноценных зерен в отходах, кг;  $G_0$  — масса отходов, кг.

Технологический эффект очистки зерна от примесей  $E$  (%) находят следующим образом:

$$E = [(G'_0 - G_{np}) / G'_0 (100 - a)],$$

где  $G'_0$  — масса полученных отходов (выделенных примесей), кг;  $G_{np}$  — масса примесей в исходном зерне, которые могут быть выделены на сепараторе, кг.

Основными расчетными параметрами плоских сит зерновых сепараторов являются: длина и ширина подсевных сит, угол их наклона, угол направления колебаний, кинематические параметры и т.д.

Ширина решетчатого стана  $B$  (м)

$$B = \Pi/q_s,$$

где  $\Pi$  — производительность сепаратора, кг/с;  $q_s$  — удельная производительность, отнесенная к единице ширины решета, кг/(с·м).

Значение оптимального ускорения  $j_0$  (м/с<sup>2</sup>) определяем по формуле

$$j_0 = 4,2 \sqrt{360q_s / \gamma},$$

где  $q_s$  — удельная производительность по ширине решета, кг/(с·м);  $\gamma$  — угол между направлением колебаний и плоскостью решета, град ( $\gamma = \alpha + \beta$ ).

Удельная производительность решета  $q_F$ , кг/(с·м<sup>2</sup>), отнесенная к единице его площади,

$$q_F = 0,0528(0,95 - \epsilon) (105 - \beta),$$

где  $\epsilon$  — полнота разделения;  $\beta$  — угол колебания, град.

Частоту колебаний  $n$  (кол/с) определяем по уравнению

$$n = (1/20) \sqrt{10j_0 / A},$$

где  $A$  — амплитуда колебаний, м,

$$A = ek,$$

здесь  $e$  — эксцентриситет, м;  $k$  — коэффициент, учитывающий колебания рамы машины, он зависит от величины оптимального ускорения  $j_0$ .

Мощность  $N$  (кВт), потребную для работы решетчатого стана, определяем по формуле

$$N = (Gj_0^2) / (460 \cdot n),$$

где  $G$  — масса решетного кузова, кг;  $n$  — частота вращения решетного стана,  $c^{-1}$ .

Необходимая мощность электродвигателя

$$N_3 = \pi \omega^4 A^2 G' / 13\,800 \omega \eta,$$

где  $\eta$  — КПД передаточного механизма.

**Просеиватель А1 - КСБ** (рис. 6.17) предназначен для просеивания сыпучих пищевых продуктов (соль, гречневая крупа, пшеничная мука, лущеный горох и др.).

Просеиватель состоит из приемного бункера 2, станины 10, рамы 6, ситового корпуса 5, эксцентрикового колебателя 1, сменных рамок 8 с набором решет для просеивания разных продуктов, электропривода 4, тяги 9, приспособления для загрузки бумажных мешков с продуктом и двух сменных крышек: крышки 3 с решеткой для приема скомковавшейся соли в бумажных мешках и крышки 7 для приема продукта на машину самотеком.

Станина 10 и рама 6 сварной конструкции выполнены из стального проката.

Ситовый корпус сборно-сварной конструкции выполнен из стального проката с одним ярусом сит. Очистка сит производится резиновыми шариками. Ситовые рамки вставляются и вынимаются через верх решетного корпуса и зажимаются крышкой 7 или 3 с помощью откидных зажимов.

Ситовый корпус имеет три точки опоры и совершает сложное движение. Передняя часть корпуса опирается на вал эксцентрикового колебателя, а хвостовая часть — на две плавающие опоры скольжения. Передняя часть корпуса совершает круговое поступательное движение, а хвостовая часть — только возвратно-поступательное (за счет тяги 9, удерживающей хвостовую часть от поперечного смещения).

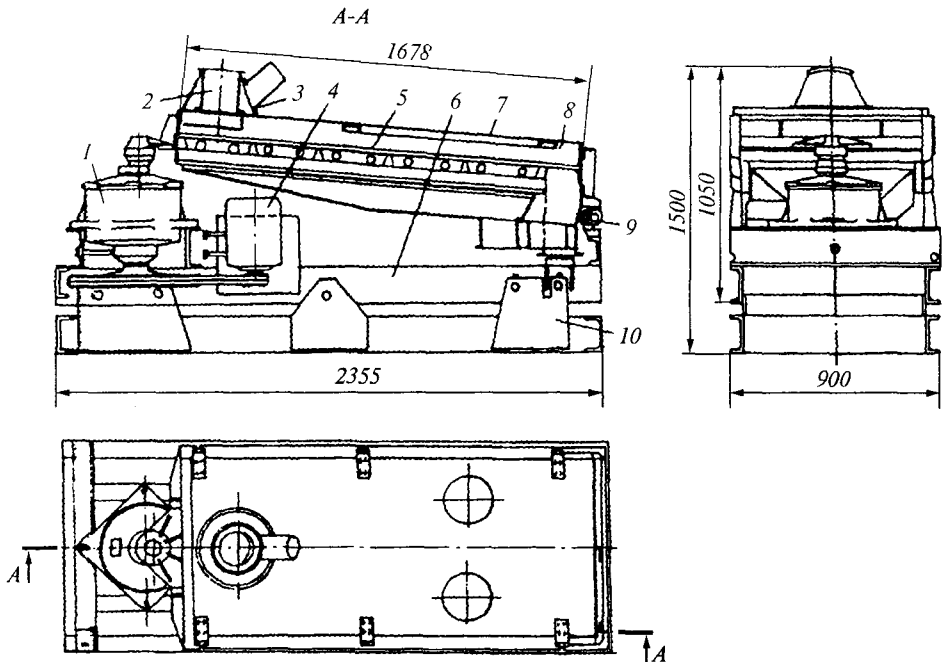


Рис. 6.17. Просеиватель А1-КСБ

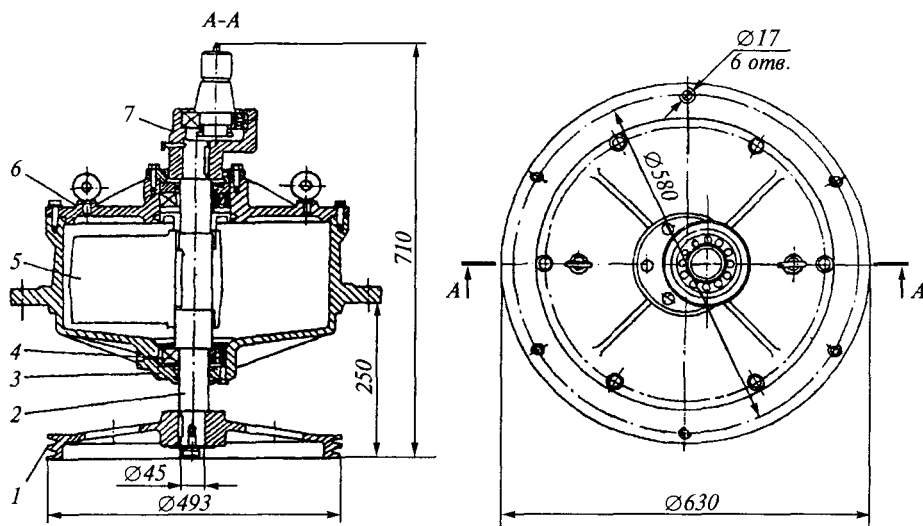


Рис. 6.18. Эксцентриковый колебатель привода просеивателя А1-КСБ

Эксцентриковый колебатель (рис. 6.18) снабжен балансиrom со сменными грузами, предназначенными для уравнивания ситового корпуса при работе машины с разными эксцентриситетами и частотами колебаний. В состав колебателя входят: корпус 3, вал 2, шкив 1, балансиr 5, подшипники 4, крышка 6 и эксцентрик 7.

Исходный продукт поступает на сито, где происходит разделение его на две фракции: сход и проход, которые выводятся из машины отдельно через выводные патрубки в поддоне ситового корпуса.

Для обеспыливания при работе с сухими сыпучими продуктами крышка 6 ситового корпуса имеет патрубок для подсоединения машины к аспирационной сети.

Для определения оптимальных режимов работы машины на различных видах продуктов по эксцентриситету и частоте колебаний ситового корпуса в пределах технической характеристики машина комплектуется набором сменных шкивов 1 к электродвигателю и эксцентриков 7 к колебателю.

Для растаривания бумажных мешков машина снабжена опрокидывающим столом и специальной крышкой с решеткой для приема бумажных мешков с продуктом, разрезанных вручную на столе.

### Техническая характеристика просеивателя А1-КСБ

Производительность, т/ч . . . . .	1,0
Частота колебаний ситового кузова, с <sup>-1</sup> . . . . .	3,3...4,0
Амплитуда колебаний ситового кузова, мм . . . . .	25, 30, 35
Угол наклона сит, град . . . . .	4,5
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,125
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	2355×1100×1600
Масса, кг. . . . .	900

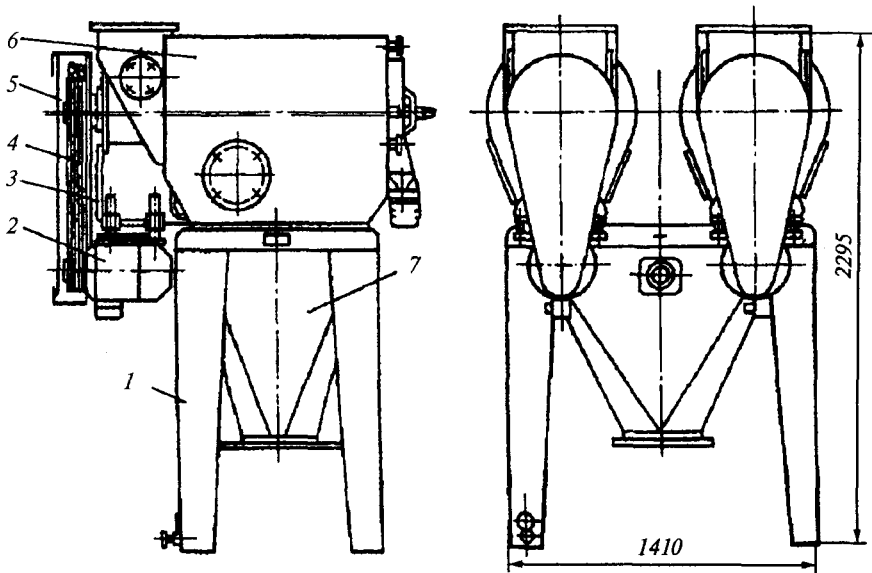


Рис. 6.19. Просеивающая машина А1-БПК

**Просеивающие машины типа А1-БПК** (рис. 6.19) предназначены для контрольного просеивания муки с целью выделения из нее случайно попавших посторонних примесей.

Просеивающая машина А1-БПК представляет собой блочную конструкцию, состоящую из станины 1, двух просеивателей 6, двух приводов 2, бункера 7, двух ограждающих устройств 5. Станина, изготовленная из листовой стали толщиной 6 мм, состоит из верхнего прямоугольного основания корытообразной формы и четырех опорных стоек из уголкового гнутого профиля. К основанию станины, имеющему два окна для вывода очищенного продукта и окно для подсоединения к системе аспирации, прикреплены два просеивателя с индивидуальными электроприводами.

Техническая характеристика просеивающей машины А1-БПК представлена в табл. 6.3.

Привод каждого просеивателя включает в себя электродвигатель, клиноременную передачу, натяжное устройство. Размещен он со стороны приемных патрубков. Электродвигатель и натяжное устройство монтируют на кронштейне 3 приемного патрубка просеивателя.

Бункер, предназначенный для сбора очищенного продукта, изготовляют из листовой стали толщиной 3 мм. Он имеет два фланца. Верхний предназначен для подсоединения к фланцу шлюзового питателя. Ограждающее устройство клиноременной передачи состоит из ограждения и опоры. Ограждение имеет замкнутую по контуру стальную обечайку, к которой приварена стенка из ситового пробивного полотна. Опора 4 изготовлена из листовой стали толщиной 2 мм. Ее закрепляют на просеивателе при помощи четырех шпилек и гаек.

Каждый просеиватель (рис. 6.20) состоит из сварного корпуса 1, внутри которого установлен ситовой цилиндр 6 диаметром 400 мм, длиной 900 мм. Цилиндр 6 изготовлен из ситового полотна с пробивными отверстиями 4...6 мм. Внутри цилиндра на двух подшипниковых опорах качения, закрепленных в торцевых стенках приемного 2 и вы-

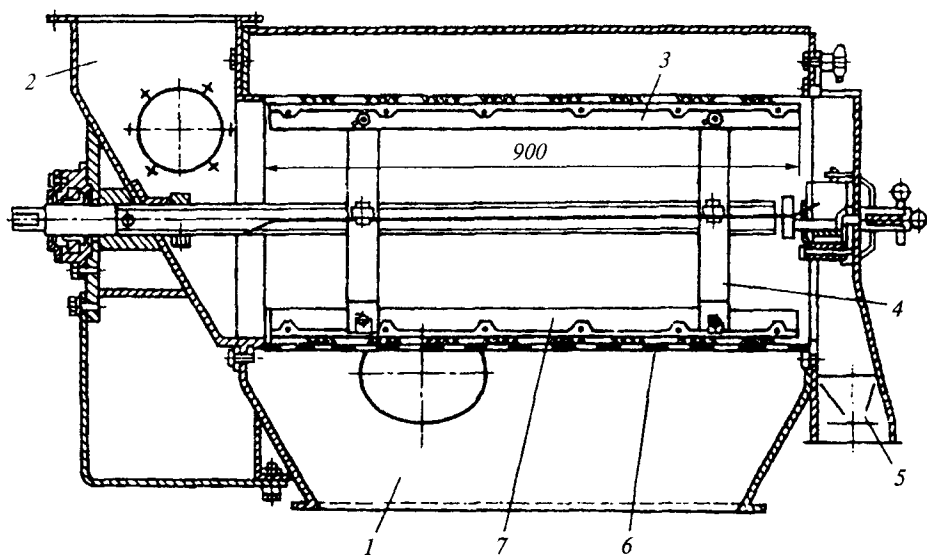


Рис. 6.20. Просеиватель

пускного 5 патрубков, вращается ротор 4 с двумя пластинчатыми бичами 3 и двумя очистителями 7, расположенными вдоль оси ротора. Приемный патрубок изготовлен из листовой стали толщиной 6 мм, имеет фланец для присоединения питающего устройства и два смотровых окна. К корпусу прикреплен болтами.

Мука (исходный продукт) равномерно поступает внутрь ситового цилиндра просеивателя через приемный патрубок. Продольные бичи и очистители вращающегося ротора захватывают ее и отбрасывают на поверхность ситового цилиндра. Через окно в станине мука попадает в бункер-сборник и выводится из него через шлюзовой питатель аэрозольтранспорта. Случайно попавшие в муку посторонние примеси, идущие сходом с ситового цилиндра, выводятся через выпускной патрубок просеивателя и скапливаются в специальной таре. Эффективность отделения посторонних примесей составляет 100 %.

Во время работы машины под нагрузкой особое внимание обращают на равномерную подачу продукта в машину, не допуская ее перегрузки, на эффективность просеивания (наличие муки в отходах недопустимо), на отсутствие посторонних шумов, своевременное и четкое срабатывание сигнализатора уровня муки в бункере-сборнике (завалы недопустимы).

В работе машины могут возникнуть неисправности. Если вместе с примесями идет мука, то следует уменьшить подачу продукта, отрегулировать поджатие щеток или заменить их. При подпоре продукта снизу машина не отключается. В этом случае необходимо отрегулировать работу сигнализатора уровня. Вследствие износа ситового цилиндра и появления дыр возможно попадание в проходовой продукт посторонних примесей. Неисправность устраняется установкой нового ситового цилиндра. Если пробуксовывают ремни привода и не вращается ротор, следует подтянуть ремни. Перегрев корпуса подшипника устраняется смазкой подшипника.

**Просеивающая машина А1-БП2-К** (рис. 6.21) предназначена для контрольного просеивания муки с целью выделения из нее случайно попавших грубых и посторонних примесей. Ее используют также для подработки мучных сметок.

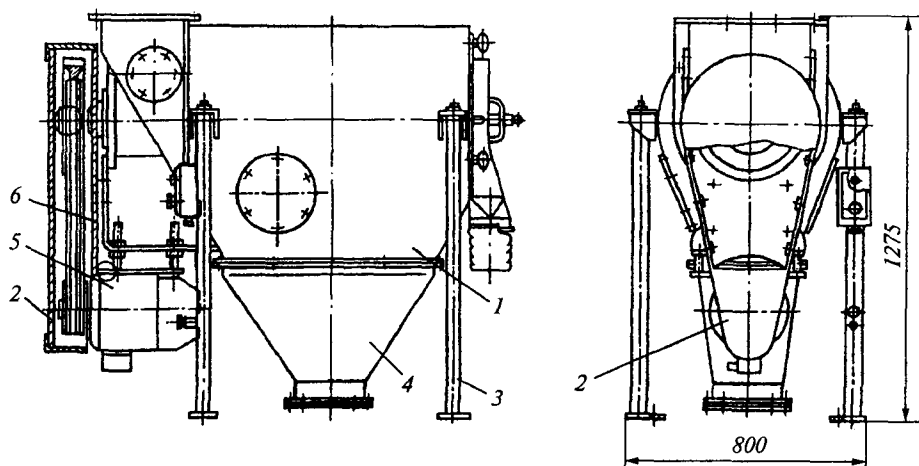


Рис. 6.21. Просеивающая машина А1-БП2-К

Машина имеет просеиватель 1, четыре стойки 3, привод 5 и ограждение 2. По конструкции просеиватель аналогичен просеивателю машины А1-БПК. Бункер 4 изготовлен из листовой стали толщиной 2 мм и имеет два фланца (верхний подсоединяют к самотечной трубе).

Стойки изготовлены из трубы диаметром 54 мм. К ней приварена пята диаметром 100 мм и толщиной 10 мм, имеющая отверстие диаметром 14 мм для крепления машины к полу. С другой стороны в трубу вварена втулка с резьбовым отверстием для крепления стойки к корпусу. Приводы бичевого ротора и ограждения машин А1-БП2-К и А1-БПК одинаковы. Опора 6 изготовлена из листовой стали толщиной 2 мм. Ее закрепляют на просеивателе при помощи четырех шпилек и гаек.

Технологический процесс в машинах А1-БПК происходит следующим образом. Мука равномерно поступает внутрь ситового цилиндра просеивателя через приемный патрубок. Продольные бичи и очистители вращающегося ротора захватывают ее и отбрасывают на поверхность ситового цилиндра. Через окно в станине мука попадает в бункер-сборник и выводится из него через шлюзовой питатель аэрозольтранспорта.

Случайно попавшие в муку посторонние примеси, идущие сходом с ситового цилиндра, выводятся через выпускной патрубок просеивателя и накапливаются в специальной таре.

При настройке машин типа А1-БПК на холостом ходу проверяют направление и частоту вращения ротора; натяжение приводных ремней; затяжку резьбовых соединений; наличие и качество смазки в подшипниковых узлах ротора и электродвигателя; состояние ситового цилиндра; положение очистителей и бичей.

При работе машины под нагрузкой контролируют равномерность подачи продукта в машину, не допуская ее перегрузки и попадания муки в отходы, проверяют четкость срабатывания сигнализатора уровня муки в бункере-сборнике. Техническая характеристика просеивающих машин приведена в табл. 6.3.



Таблица 6.3. Техническая характеристика просеивающих машин

Показатель	А1-БПК	А1-БП2-К	ПБ-1,5	А1-БКГ-1
Производительность, т/ч	36	8...10	1,5...3,0	1,5...2,5
Размеры ситового цилиндра, мм:				
диаметр	400	400	—	—
длина	900	900	—	—
Рабочая поверхность сит, м <sup>2</sup>	2,26	1,13	1,5	3,2
Частота вращения вала бичевого ротора, с <sup>-1</sup>	95	95	3,7...6,3	—
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /мин	16	7	—	1,2
Мощность электродвигателя, кВт	2×5,5	5,5	1,0	1,1
Габаритные размеры, мм	1550×1430× ×2295	1550×800× ×1275	2900×856× ×1810	2800×1625× ×1680
Масса, кг	700	340	561	750

**Просеиватель-бурат ПБ-1,5** (рис. 6.22) предназначен для просеивания и очистки от примесей муки, сахара и других сыпучих компонентов.

Он состоит из станины 1, привода 2, корпуса 3, внутри которого установлены пятигранный барабан 4, два магнитных аппарата 5, а также верхний питательный 6 и нижний разгрузочный 7 шнеки.

Принцип работы просеивателя-бурата следующий. Продукт через приемный патрубок подается на верхний питательный шнек 6, который подает продукт внутрь вращающегося пятигранного ситового барабана 4. Проходя сквозь сита барабана и затем между двумя магнитными аппаратами 5, продукт поступает в нижний разгрузочный шнек 7, который транспортирует продукт к выгрузочному отверстию.

Техническая характеристика просеивателя-бурата ПБ-1,5 приведена в табл. 6.4.

**Двухъярусная крупосортировочная машина А1-БКГ-1** (рис. 6.23) предназначена для разделения сортируемого продукта на три фракции: сорные примеси, крупу и дробленые частицы с мучкой.

Станина машины имеет две боковины 3, скрепленные четырьмя перемычками 31. К станине на подвесках 18 крепят деревянные ситовые кузова: верхний 6 и нижний 4. В каждом ситовом кузове размещены три сменные ситовые рамы 14 с пробивными ситами и металлическим поддоном 32. Верхний кузов снабжен патрубком 30 для вывода схода (крупной примеси) и лотком 29 для подачи проходowego продукта (крупа, дробленка и мучка) на нижний кузов. Он имеет патрубок 2 для вывода схода (крупы) и патрубок 1 для прохода (дробленки и мучки). Ситовые кузова через эксцентрики 33 и тяги 21 получают возвратно-поступательное движение от главного вала 28, приводимого в движение электродвигателем 23 через клиноременную передачу 22.

Сита очищаются щеточным механизмом, состоящим из рамы 13 с шестью щетками 12 и кривошипно-шатунного механизма 11, приводимого в движение от главного вала посредством клиноременной передачи 20 и двухступенчатого цилиндрического редуктора 17. Щеточные рамы передвигаются на роликах 15 по направляющим 16, закрепленным на боковинах станины.

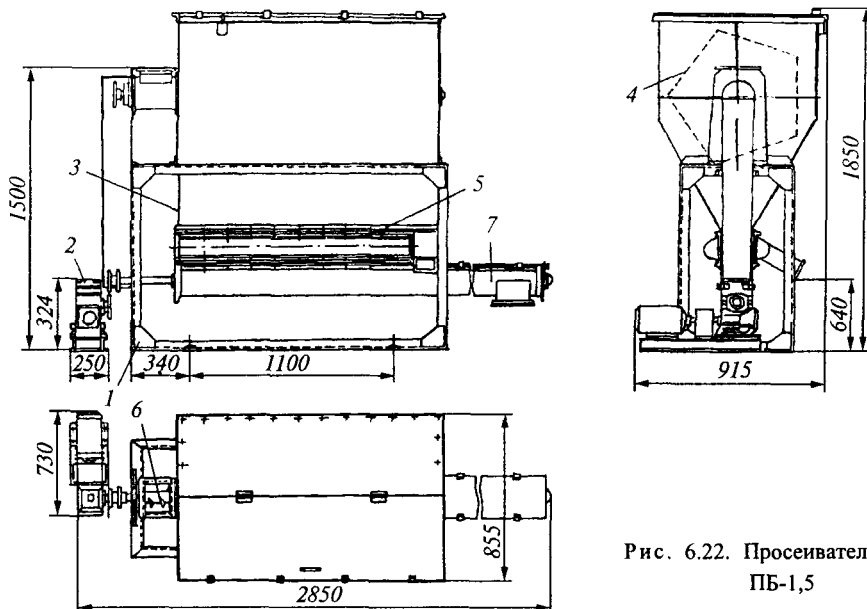


Рис. 6.22. Просеиватель-бурат  
ПБ-1,5

Снаружи машина закрыта кожухом, состоящим из верхней обшивки 26, двух боковин 24 и двух ограждений 7 и 19. На каждой боковине кожуха сделаны по две съемные двери 25, а на съемных ограждениях 7 и 19 — по одной съемной двери 5. В верхней части рамы установлен держатель 8 с грузовым клапаном 10, двумя приемными патрубками 27 и аспирационными патрубками 9.

Крупа поступает через приемные патрубки питателя, накапливается на грузовом клапане, распределяется по всей его ширине и падает на сито верхнего кузова. В процессе движения крупа просеивается через отверстия сита и падает на поддон, а крупные сорные примеси идут ходом и через выпускной патрубок выводятся из машины. Проход через выпускной лоток попадает на сито нижнего кузова. Здесь крупа идет ходом и через патрубок выводится наружу. Дробленка и мука проходят через отверстия сита и далее по поддону направляются в выходной патрубок.

При настройке машины регулируют угол наклона кузовов, подбирают требуемый размер отверстия сит, регулируют высоту щеток и сыпь продукта. Угол наклона ситовых кузовов регулируют, изменяя длину подвесок при помощи гаек. Для изменения высоты щеток поднимают или опускают направляющие. По мере изнашивания щеток направляющие перемещают вверх.

Техническая характеристика двухъярусной крупосортировочной машины А1-БКГ-1 приведена в табл. 6.3.

**Инженерные расчеты.** Расчет просеивающих машин включает определение производительности, потребляемой мощности привода, габаритных размеров деталей рабочих органов. Частота вращения эксцентрика  $n$  ( $c^{-1}$ ), приводящего просеивающие сита в возвратно-поступательное движение:

$$n = (35...40) \sqrt{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha) / r},$$

где  $\varphi$  — угол трения частицы о поверхность сита, град,

$$\varphi = \operatorname{arctg} K_{\tau},$$

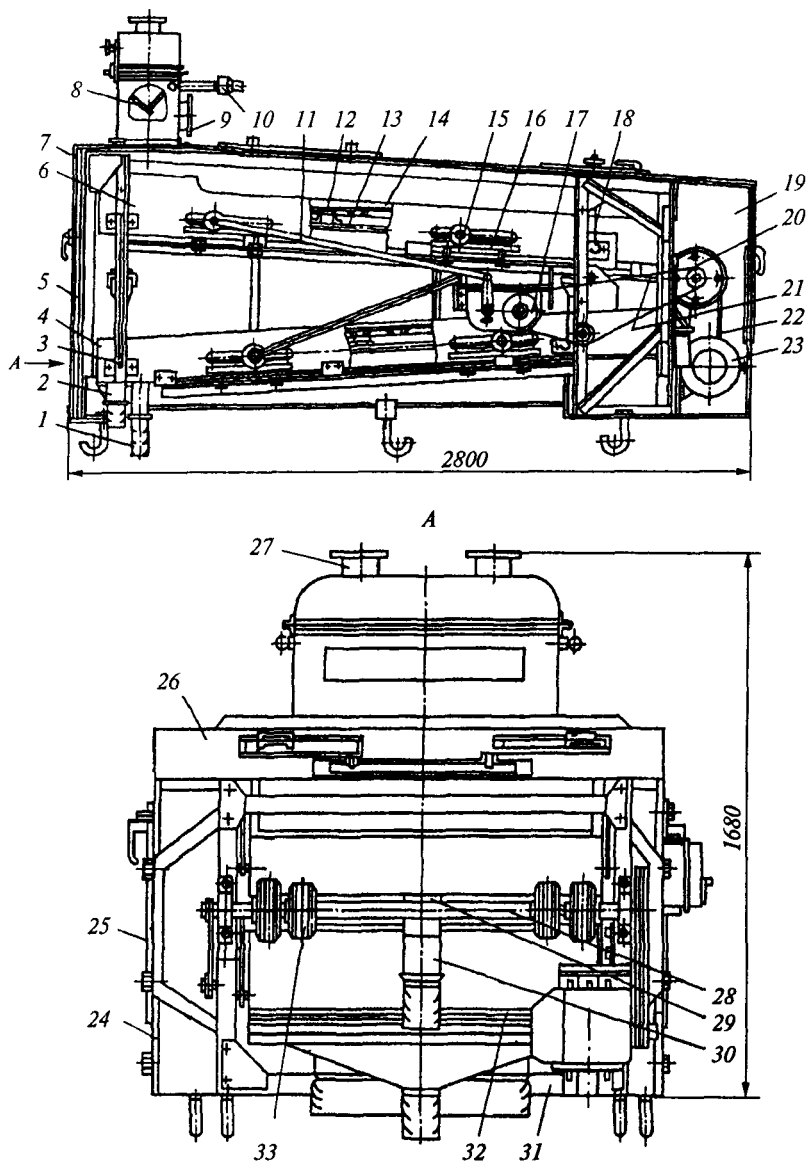


Рис. 6.23. Крупосортировочная машина А1-БКГ-1

здесь  $K_T$  — коэффициент трения;  $\alpha$  — угол наклона сита, град;  $r$  — эксцентриситет (радиус кривошипа), м.

Производительность грохота  $\Pi_m$  (кг/с) с прямоугольной просеивающей поверхностью

$$\Pi_m = hbv\rho,$$

где  $h$  — толщина слоя материала в начале просеивающей поверхности, м;  $b$  — ширина просеивающей поверхности, м;  $v$  — скорость движения материала по поверхности, м/с;  $\rho$  — плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность  $N$  (кВт), потребная для приведения в движение сит:

$$N = kn^3 r^2 (m_c - m_n) / 250,$$

где  $k$  — коэффициент ( $k = 2,0 \dots 2,5$ );  $n$  — частота вращения эксцентрика,  $c^{-1}$ ;  $r$  — эксцентриситет, м;  $m_c$  — масса качающихся частей сита, кг;  $m_n$  — масса слоя продукта на сите, кг;

$$m_n = Sh\rho g,$$

здесь  $S$  — площадь сита,  $m^2$ ;  $h$  — толщина слоя продукта, м;  $\rho$  — насыпная плотность продукта,  $кг/м^3$ ;  $g$  — ускорение свободного падения,  $м/с^2$ .

Приведенный радиус  $r_6$  (м) вращающегося барабанного сита бурата

$$r_6 = (1/h) \sqrt[3]{\Pi_m / \rho n t g \alpha},$$

где  $h$  — наибольшая толщина продукта в барабане, м;  $n$  — частота вращения барабана,  $c^{-1}$ ;  $\alpha$  — угол наклона барабана, град.

Частота вращения барабана должна соответствовать условию

$$n > n_{кр} = 15r_6^{-1}.$$

Общую площадь поверхности сита  $S_c$  ( $m^2$ ) определяют по формуле

$$S_c = \Pi_m / q_{m0},$$

где  $q_{m0}$  — удельная производительность бурата,  $кг/(м^2 \cdot c)$ .

Площадь ситовой поверхности одной рамки  $S_0$  ( $m^2$ )

$$S_0 = S_c / Z,$$

где  $Z$  — количество граней ситового барабана ( $Z = 5 \dots 6$ ).

Длину ситового барабана  $L$  (м) находят из условия

$$L = S_0 / R.$$

Размеры шнека принимают такие: диаметр винта  $d_v = 0,15 \dots 0,20$  м; шаг винта  $\lambda_v = d_v$ ; диаметр вала шнека  $d_{ш} = 0,2 \dots 0,3$  м.

Частота вращения распределительного шнека  $n_{ш}$  ( $c^{-1}$ )

$$n_{ш} = 4\Pi_m / [\pi(d_v^2 - d_{ш}^2) \lambda_v \rho \alpha_3],$$

где  $\alpha_3$  — коэффициент заполнения шнека ( $\alpha_3 = 0,5 \dots 0,6$ ).

Мощность электродвигателя  $N$  (кВт)

$$N = [(m_6 + m_n) K_T \pi d n + 2,4 m_n R n + g \Pi_m L K_c] / 1000 \eta,$$

где  $m_6, m_n$  — масса барабана и продукта, кг;  $K_T$  — коэффициент трения скольжения в подшипниках ( $K_T = 0,15 \dots 0,20$ );  $d$  — диаметр шейки вала, м;  $n$  — частота вращения барабана,  $c^{-1}$ ;  $R$  — радиус барабана, м;  $L$  — длина шнека, м;  $K_c$  — коэффициент сопротивления ( $K_c = 4 \dots 5$ );  $\eta$  — КПД привода.

При расчете машины с неподвижными ситами задаются следующими размерами: шаг винта  $\lambda_v = (0,7 \dots 0,8) d_v$ ; высота загрузочного отверстия кожуха  $h = (1,0 \dots 1,5) \lambda_v$ ; диаметр вала винта  $d_{в.в} = (0,2 \dots 0,3) d_v$ ; радиальный зазор между винтом и кожухом  $\delta = 2 \dots 3$  мм.

Рассчитывают наружный диаметр винта, частоту вращения шнека, площадь и размеры ситовой поверхности, мощность электродвигателя.

Наружный диаметр винта  $d_n$  (м)

$$d_n = \sqrt{1,6\Pi_m / n\rho\alpha_3 K},$$

где  $\Pi_m$  — производительность просеивателя, кг/с;  $n$  — частота вращения,  $c^{-1}$ ;  $\rho$  — плотность продукта,  $кг/м^3$ ;  $\alpha_3$  — коэффициент загрузки ( $\alpha_3 = 0,2 \dots 0,3$ );  $K$  — геометрический коэффициент ( $K = 0,65 \dots 0,75$ ).

Частота вращения шнека  $n$  ( $c^{-1}$ )

$$n < n_{кр} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{gtg(\lambda + \varphi)}{K_\tau r_b}},$$

где  $\lambda$  — угол подъема винтовой поверхности,  $tg \lambda = t/(\pi d)$ ;  $\varphi$  — угол трения покоя по винту ( $tg \varphi = K_\tau$ );  $K_\tau$  — коэффициент трения груза по кожуху ( $K_\tau = 0,3 \dots 0,4$ );  $r_b$  — внутренний радиус кожуха, м.

Диаметр цилиндрического сита  $d_c$  (м)

$$d_c = d_n + 2\delta.$$

Высота цилиндрического сита  $H_c$  (м)

$$H_c = S_c / \pi d_c.$$

Мощность электродвигателя  $N$  (кВт)

$$N = g\Pi_m H_n K_\tau (K_c + 1) \cdot 10^{-3} + [ZK_2 \omega h_n (R - r) / 408 \eta],$$

где  $H_n$  — высота подъема продукта, м;  $K_c$  — коэффициент сопротивления продукта ( $K_c = 10$ );  $\omega$  — угловая скорость лопастей, рад/с;  $h_n$  — высота лопасти, м;  $R$  — наружный радиус лопасти ( $R = 0,3$  м);  $r$  — радиус вала, м ( $r = 0,03$  м);  $\eta$  — КПД передачи;  $K_2$  — коэффициент сопротивления (для муки  $K_2 = 5000$ ).

Мощность электродвигателя рассева  $N$  (кВт) определяют по уравнению

$$N = (1 / \eta) (N_{np} + N_{np} + N_n) = \\ = (1 / \eta) \left[ (G_{np} f_{np} \omega \rho / 102) \sqrt{1 - (g f_{np} / \omega^2 \rho)^2} - (G_p \rho D f \omega^3 / 204 g) + N_n \right],$$

где  $N_{np}$  — мощность, необходимая для преодоления трения продукта о сита и сборные днища, кВт;  $N_{np}$  — мощность, необходимая для преодоления трения в нижнем подшипнике приводного механизма, кВт;  $N_n$  — мощность, расходуемая на преодоление трения о воздух, трения в деталях и т.п., кВт;  $\eta$  — КПД передачи от электродвигателя к веретену с учетом потерь в верхнем подшипниковом узле;  $G_{np}$  — масса продукта, кг;  $f_{np}$  — средний приведенный коэффициент трения продукта о сита и сборные днища;  $\omega$  — угловая скорость веретена,  $c^{-1}$ ;  $\rho$  — эксцентриситет рассева, м;  $G_p$  — масса корпуса и рамы, кг;  $f$  — коэффициент трения в нижнем подшипнике;  $D$  — диаметр пальца кривошипа, м.

Производительность просеивающих машин с плоским ситом, которые приводятся в движение от кривошипных механизмов, зависит от площади сита, амплитуды колебания и скорости движения, от удельной нагрузки продукта на сите.

Производительность просеивающих машин  $\Pi$  (кг/с) с вращающимися ситами определяется по формуле

$$\Pi = n \rho \operatorname{tg} \alpha \sqrt{R^3 h} / 60,$$

где  $n$  — частота вращения барабана,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\rho$  — насыпная плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\alpha$  — угол наклона оси барабана, град;  $R$  — радиус барабана, м;  $h$  — наибольшая высота слоя продукта в барабане, м.

Мощность электродвигателя  $N$  (кВт) просеивателя-бурата

$$N = \{g[(G_6 + G_{\text{пр}})\mu d + 2,4G_{\text{пр}}R]n\} / 1000 \cdot 60\eta,$$

где  $G_6$  — масса барабана, кг;  $G_{\text{пр}}$  — масса продукта в барабане, кг;  $\mu$  — коэффициент трения скольжения в подшипниках;  $d$  — диаметр цапфы вала, м;  $\eta$  — КПД привода.

## 6.5. ТРИЕРЫ

Триеры применяют для выделения примесей, отличающихся от зерен основной культуры длиной. К примесям, выделяемым на триерах, относят семена куколя, которые короче зерен пшеницы, или семена овсяга, которые длиннее зерен пшеницы.

Триеры по конструктивному исполнению основных рабочих органов подразделяют на две группы: цилиндрические и дисковые. Наиболее широкое применение на зерноперерабатывающих предприятиях получили дисковые триеры, которые имеют большую производительность при меньших габаритах и отличаются более высокой технологической эффективностью.

Цилиндрические триеры в зависимости от значения окружной скорости разделяют на тихоходные ( $v = 0,3 \dots 0,5$  м/с) и быстроходные ( $v = 1,2 \dots 1,5$  м/с). Тихоходные триеры выпускают с наружным сетчатым цилиндром и без него. Первые применяют для очистки зерна от коротких и длинных примесей и его сортирования по толщине, вторые — для контроля отходов. Быстроходные цилиндрические триеры используют для очистки зерна от коротких и длинных примесей, а также для сортирования семян. Зерно в машину поступает в начале цилиндра, а в некоторых конструкциях — по всей длине. Часто эти триеры снабжают ворошилльным механизмом.

**Цилиндрический триер** (рис. 6.24, а) состоит из стального цилиндра 1 со штампованными ячейками 2 на внутренней поверхности и шнека 5, расположенного в желобе 4. При вращении цилиндра с зерном в ячейки триера попадают из смеси частицы зернового материала, длина которых меньше диаметра ячеек, и поднимаются вверх; падают в желоб, находящийся внутри цилиндра и выводятся наружу шнеком. В цилиндре остаются частицы, длина которых больше диаметра ячеек и которые не укладываются в них по длине, и выходят сходом по цилиндру с другой стороны. Степень разделения зерновой смеси на фракции по длине зависит от уровня, на котором установлена верхняя грань 3 желоба.

Триеры, выделяющие из зернового материала короткие примеси (например, куколь, битое зерно и т. п.), называются кукольными. У них очищенное зерно выходит из цилиндра, а примеси — из желоба.

Триеры, предназначенные для отделения длинных зерновых примесей, называют овсюжными. В них зерно выходит из желоба, а примеси — из цилиндра. У выходного конца овсюжного цилиндра устанавливают кольцо — диафрагму, которая способствует образованию слоя зернового материала внутри цилиндра.

В **дисковом триере** (рис. 6.24, б) ячейки выполнены на поверхности чугунных дисков. При вращении дисков 1 в ячейки попадают короткие зерна, которые затем выпадают в желобки 2 и выводятся из машины.

Цилиндрические триеры с внутренней ячеистой поверхностью изготовляют одинарного и двойного действия. Триеры одинарного действия имеют по всей длине цилиндра ячейки одного типа и размера и выделяют только короткие или только длинные примеси. Триеры двойного действия на различных участках цилиндра по длине имеют ячейки двух размеров для отделения длинных и коротких примесей.

Дисковые триеры выпускают однороторными. Для сокращения занимаемой производственной площади их комбинируют в двух- и четырехроторные агрегаты, включающие триеры для отбора длинных и коротких примесей. Дисковые триеры для выделения коротких примесей снабжают контрольными дисками.

Основными рабочими органами дисковых триеров являются кольцевидные диски с ячейками на боковых поверхностях. Карманообразные ячейки расположены по концентрическим окружностям. Диски закреплены на горизонтальном валу и вращаются в вертикальной плоскости. Нижняя часть дисков погружена в зерновую смесь. Форма и размеры ячеек, скорость вращения дисков подобраны таким образом, что короткие компоненты обрабатываемой смеси захватываются ячейками, поднимаются вверх и при определенном угле поворота, который зависит от частоты вращения дисков и коэффициента трения частиц о материал диска, выпадают из ячеек на наклонные лотки и выводятся из машины. Длинные компоненты смеси тоже захватываются ячейками, но занимают в них неустойчивое положение и выпадают из ячеек при меньшем угле поворота дисков. Фракции могут быть порознь выведены для дальнейшей обработки в этой или последующих машинах.

При движении зерновой смеси вдоль машины концентрация короткой фракции в ней снижается. В куколеотборниках ячейки дисков поднимают и отбирают куколь и дробленое зерно, а в овсюгоотборниках роль коротких компонентов выполняет основная культура — зерно.

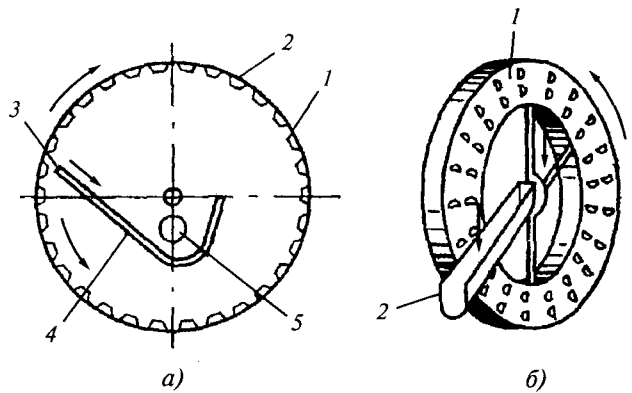


Рис. 6.24. Принцип действия триера

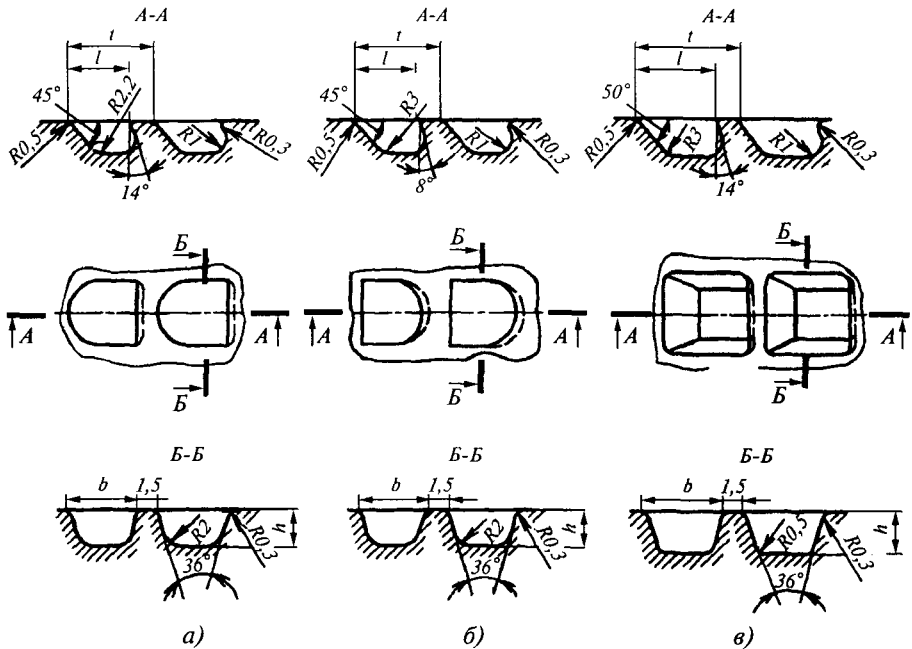


Рис. 6.25. Ячейки дискового триера:  
а - форма I; б - форма II; в - форма III

Эффективность работы триера зависит от частоты вращения дисков, положения лотков и заслонок, от формы и размеров ячеек, коэффициента трения зерновой смеси о поверхность дисков, концентрации, состава примесей и других факторов. Все эти факторы не поддаются оперативному управлению. При эксплуатации триеров необходимо обеспечивать стабильную подачу зерна, добиваясь равномерного его распределения и необходимого уровня в загрузочном устройстве. Регулируют подачу и время обработки зерна при помощи заслонок загрузочного и других устройств.

Надежная и эффективная работа триеров возможна при очищенных ячейках, влажности зерна не выше 18 % и отсутствии в исходном зерне твердых и грубых примесей. Поэтому исходная зерновая смесь должна предварительно пройти соответствующую очистку, а при необходимости и сушку.

Отличительная особенность процесса сепарирования в триерах — его высокая эффективность и сравнительно небольшая удельная производительность. Например, в дисковых триерах устойчивая эффективность выделения коротких фракций достигает 95 %, а в цилиндрических — 85...90 %.

В дисковом триере ячейки расположены на литых дисках. Наиболее распространены две формы ячеек (рис. 6.25): с плоским дном — форма III для овальных зерен и с полукруглым дном — формы I, II для шаровидных зерен. Рабочий размер ячейки — длина  $l$ . Предусмотрено три типоразмера дисков по диаметру: 380; 460 и 630 мм. Наружный диаметр дисков триеров 630 мм, внутренний — 380 мм, шаг дисков на валу — 64,5 мм.

Количество дисков определяет производительность триера. Ячейки на дисках располагают по концентрическим окружностям.



Форма триерных ячеек определяется способом изготовления, и по этому признаку они могут быть штампованные, фрезерованные и литые.

Наибольшее распространение получили стальные цилиндры со штампованными ячейками, как наиболее прочные и дешевые в изготовлении. Форма и размеры штампованных ячеек берутся согласно государственному стандарту на триерные цилиндры. Штампованные ячейки в плане круглые, а в разрезе по окружности цилиндра — ковшеобразные.

Рабочим размером ячейки (рис. 6.26) служит диаметр  $d$ , подбираемый в зависимости от компонентов сепарируемой смеси зерна (стандарт предусматривает ячейки диаметром от 1,6 до 12,5 мм). Остальные размеры ячейки, определяющие ее форму (диаметр дна  $d_1$ , глубина  $h$  и  $h_0$ , радиусы  $R$  и  $r$ ), подбирают в зависимости от номинального диаметра  $d$ . Существенное значение в рабочем процессе цилиндрического триера имеет положение стенки ячейки, с которой частица выпадает в приемный желоб. Ее положение определяется углом  $\delta$ , в современных ячейчатых поверхностях этот угол приближается к нулю с целью упрощения технологии изготовления цилиндра.

Эффективность работы ячейчатых поверхностей зависит от количества ячеек на единице площади и порядка их расположения. Наиболее рациональное расположение — шахматное, когда каждая ячейка размещена в центре правильного шестиугольника, а в вершинах находятся центры смежных ячеек.

Образующие вспомогательного цилиндра диаметром  $d_0 = 1,05d$  должны быть касательными к дуге окружности радиуса  $R$ .

Штампованные ячейки располагаются в шахматном порядке (рис. 6.27) с шагом

$$t = 0,6 + 1,2d,$$

где  $d$  — рабочий размер ячеек, мм.

Для приема и отвода зерна и примесей, выбранных ячейками, служат желоб и шнек. Относительно оси триера шнеки располагают концентрично и эксцентрично.

Шнеки триеров однозаходные. Угловая частота вращения шнека равна угловой частоте вращения триерного цилиндра.

Профиль желоба должен быть таким, чтобы зерна, выпадающие из ячеек, в процессе падения не перелетали через нерабочий край желоба.

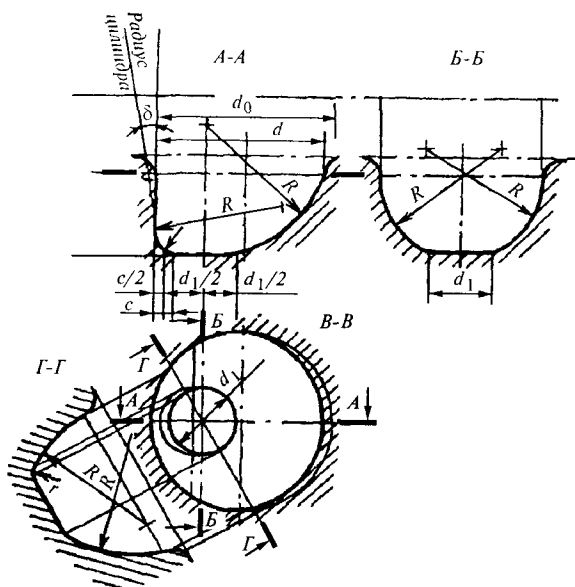


Рис. 6.26. Форма штампованных ячеек

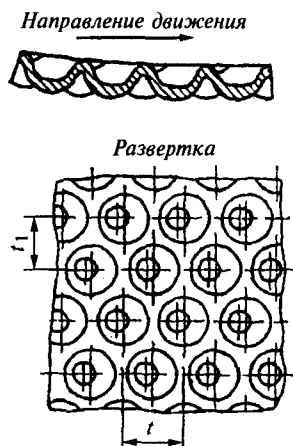


Рис. 6.27. Расположение штампованных ячеек

Траектория полета зерен, выпадающих из ячеек, — парабола. Дальность полета зерна по горизонтали

$$2a = (\omega^2 R^2 / g) \sin 2\alpha.$$

Высота полета зерна по вертикали

$$b = (\omega^2 R^2 / 2g) \cos^2 \alpha = (\omega^2 R^2 / 2g) \sin^2 \beta,$$

где  $\beta = 90 - \alpha$  — угол сбрасывания зерна;  $\alpha$  — угол подъема зерна ячейкой над горизонтальным диаметром

$$\alpha = \varphi + \arcsin(K \cos \varphi),$$

где  $\varphi$  — угол естественного откоса зерна в движении, град;  $K$  — показатель кинематического режима триера.

**В цилиндрическом триере** (рис. 6.28) рабочим органом является стальной цилиндр 7, к концам которого прикреплены винтами розетки 3 и 11. Розетка 11 соединена шпонкой 10 с валом 1. К нему приварены витки шнека 2. Таким образом, вместе с валом вращаются цилиндр и шнек.

Желоб 8 с одной стороны опирается через шарикоподшипник 9 на вал, а с другой соединен с червячным колесом 5. Поворачивая колесо посредством червяка 4, можно изменять положение грани 12 желоба по отношению к цилиндру. Короткие зерновки при вращении цилиндра западают в ячейки, достигая зоны выпадения, разгружаются в желоб и выводятся шнеком из машины. Зерновки длинной фракции перемещаются вдоль цилиндра в лоток 6.

Особенность рассматриваемого триера — стабильность условий сепарирования, которая достигается в результате равномерного распределения по длине цилиндра исходной зерновой смеси с удалением из нее коротких фракций. Такой режим необходим для куколотборочной машины, так как его ячейки должны выделить из обрабатываемой зерновой смеси короткую фракцию, относительное содержание которой в реальных условиях не превышает 2...3 %.

Техническая характеристика цилиндрического триера представлена в табл. 6.4.

**Быстроходный цилиндрический триер МБТС** (рис. 6.29). Цилиндр 1 диаметром 800 мм и длиной 1700 мм изготовлен из стальных листов, на поверхности которых выштампованы ячейки диаметром 8,5 мм. Цилиндр свободно опирается на четыре ролика, которые закреплены на станине 5 и сообщают ему равномерное вращательное движение относительно горизонтальной оси.

Вдоль участка, равного 2/3 длины цилиндра, питающее устройство 2 равномерно распределяет исходную зерновую смесь; регулятором производительности питателя служит устройство 6 с противовесом 7.

Зерна короткой фракции (пшеницы) устойчиво западают в ячейки цилиндра, из которых затем поступают в желоб выводящего шнека 3, вращающегося от привода с помощью шкива 4. Длинные примеси постепенно перемещаются вдоль цилиндра к сборнику. Скорость продольного перемещения засорителей регулируют посредством системы из одиннадцати поворотных пластин-плужков 8, изменяя их продольную ориентацию и расположение по вертикали.

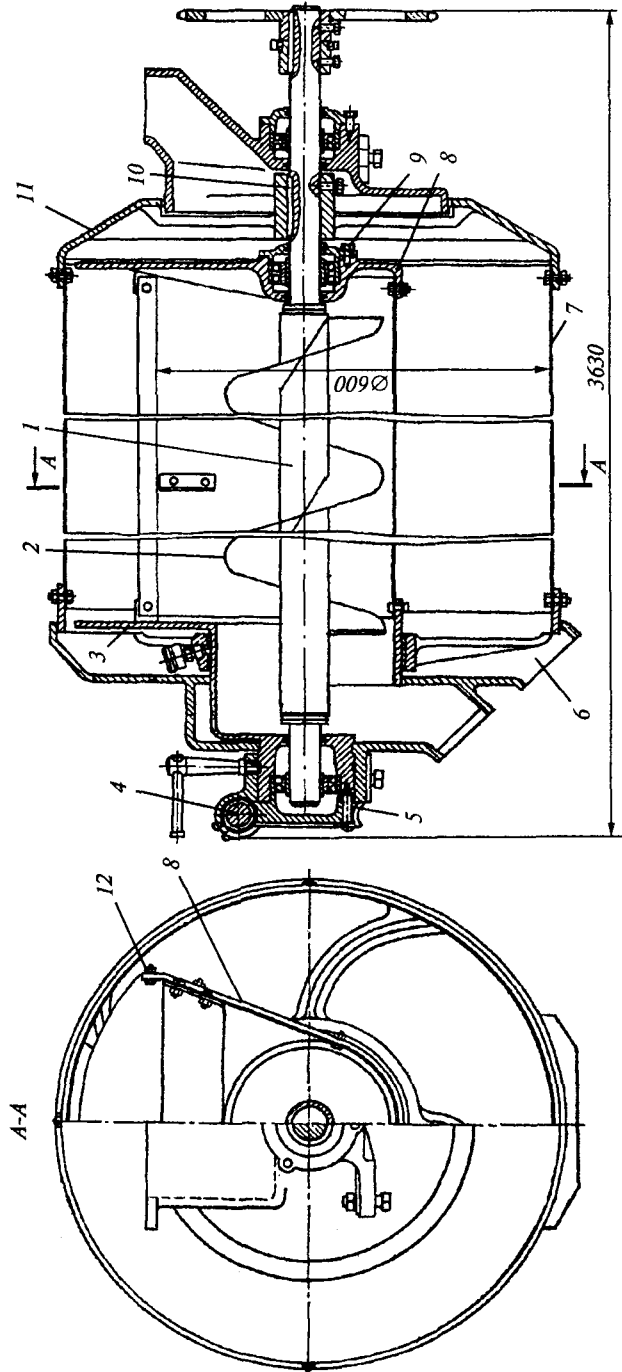


Рис. 6.28. Цилиндрический триер

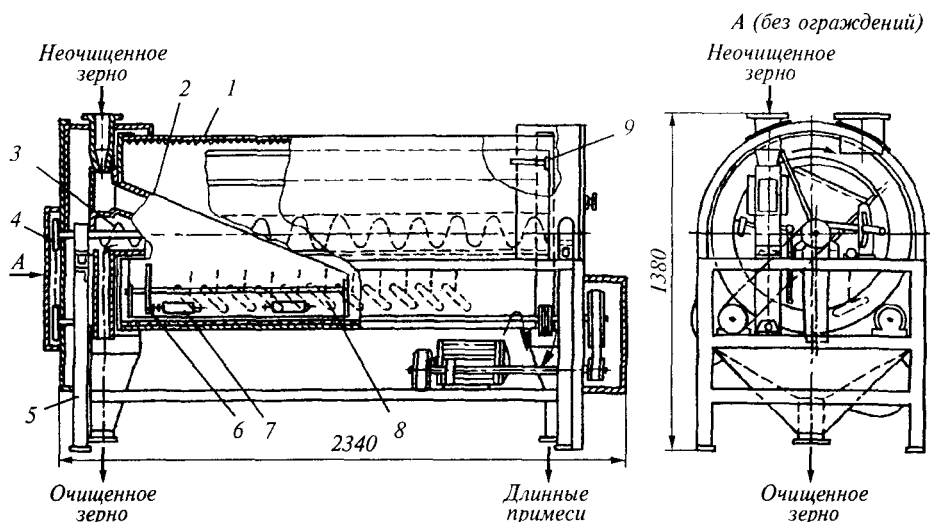


Рис. 6.29. Цилиндрический триер для отбора длинных примесей

Торцовые части цилиндра снабжены кольцевыми диафрагмами-фланцами высотой 50 мм для поддержания в цилиндре определенного уровня зерна. При этом в правой части цилиндра накапливаются овсюг и другие длинные примеси, направляемые в отход.

Для того чтобы предотвратить попадание в отходы зерен пшеницы, необходимо тщательно контролировать длинную фракцию. Для этого диафрагма снабжена четырьмя ворошителями 9, которые, дополнительно разрыхляя зерновую смесь, облегчают проникание в ячейки цилиндра еще не выделенных зерен пшеницы.

Обе рассмотренные конструкции триеров относительно несложны и достаточно эффективны. Их общим недостатком является малый срок службы приводных и поддерживающих роликов, собранных в виде пакетов из плоских прорезиненных дисков. В результате износа контактных поверхностей роликов нарушается плавность хода триеров, что вызывает вибрацию и снижает эффективность сепарирования.

Техническая характеристика быстроходного цилиндрического триера МБТС представлена в табл. 6.4.

**Триер-куколетборник ГДК (А9-УТК-6)** (рис. 6.30) предназначен для очистки зерна от коротких примесей (куколя и других семян сорных растений).

Основные узлы триера: корпус 1 с дисковым ротором, приемно-распределительное устройство, аспирационный диффузор 11, выпускные устройства, привод 5. В корпусе на горизонтальном валу установлено 22 кольцевых диска с карманообразными ячейками. Триер разделен на три последовательно работающих отделения: рабочее, накопительное и контрольное.

В рабочем отделении установлены 15 дисков, в накопительном — ковшое колесо 3, а в контрольном — 7 дисков, снабженных гонками для транспортирования зерна к накопительному отделению. В корпусе триера установлен шнек 8, с помощью которого примеси с некоторым количеством зерна перемещаются из рабочего отделения в контрольное. Триерные диски прикреплены к валу спицами и болтами. На спицах дисков контрольного отделения закреплены гонки, которые за счет кругового смещения смежных дисков образуют прерывистую винтовую линию, обеспечивающую перемещение очищенного зерна в перегружающее устройство. В корпусе

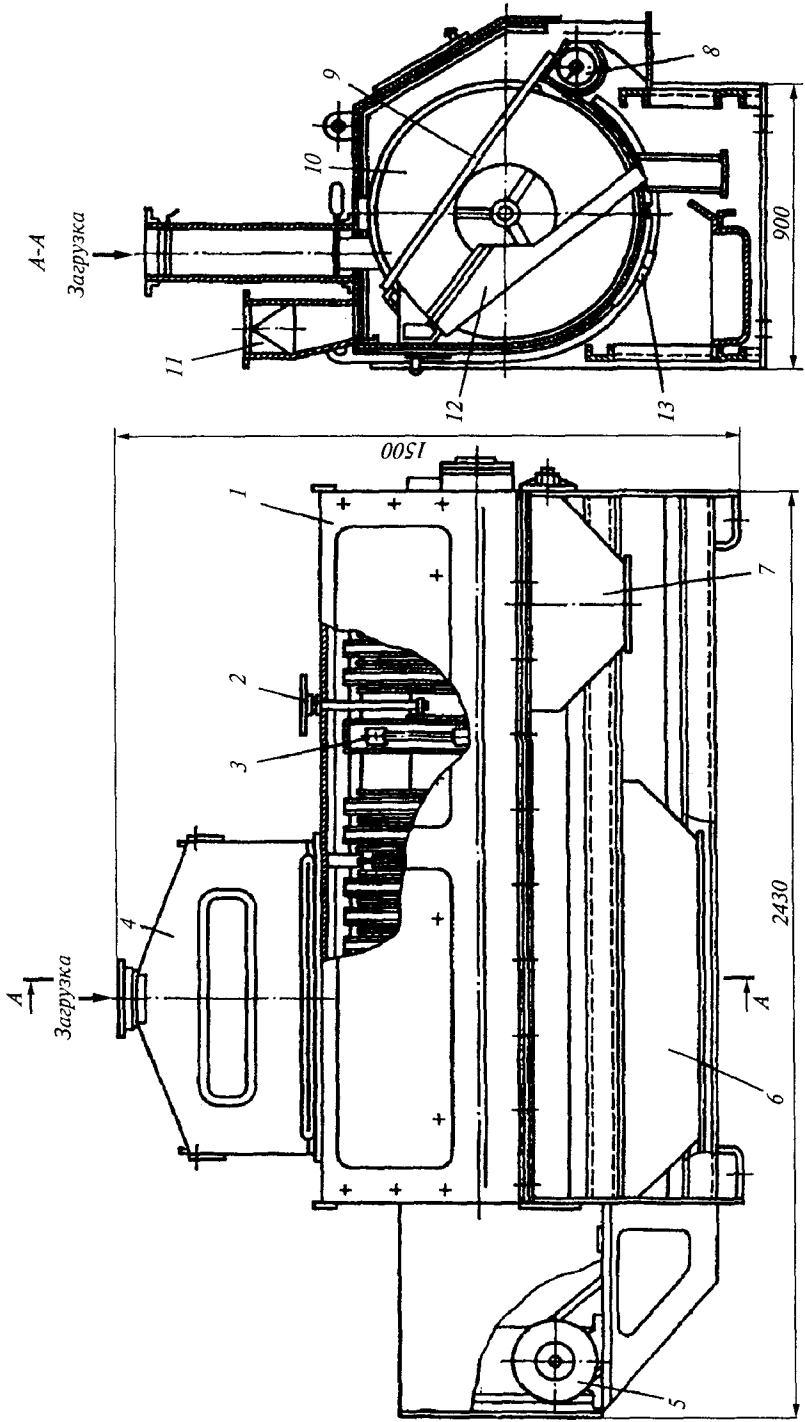


Рис. 6.30. Гриер А9-УТК-6

триера имеются откидная дверка и съемная верхняя крышка с отверстиями для подключения к аспирационной сети.

Привод вала с дисками 10 и ковшовым колесом 3 осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу, червячный редуктор и муфту. Привод шнека осуществляется от центрального вала через цепную передачу.

Технологический процесс в триере-куколеотборнике осуществляется следующим образом. Исходная зерновая смесь поступает через приемное устройство 4 и с помощью лоткового распределителя тремя равными потоками направляется в рабочее отделение между дисками.

При вращении дисков 10 длинные зерна пшеницы неустойчиво заполняют карманообразные ячейки (размером 5×5 мм, глубиной 2,5 мм) и при небольшом угле поворота дисков выпадают из ячеек в лотки 12, откуда очищенное зерно через патрубок 6 выводится из машины.

Короткие примеси, соприкасаясь с поверхностью дисков, устойчиво размещаются в ячейках, выносятся из зерновой массы и под действием сил тяжести и инерции при значительно большем угле поворота дисков выпадают из ячеек в лотки 9, по которым поступают в шнек 8. Последний транспортирует короткие примеси и попавшие сюда зерна пшеницы в контрольное отделение. Здесь короткие примеси дисками поднимаются вверх и с помощью лотков направляются в сборно-отводящий патрубок для примесей и выводятся из машины. Зерна пшеницы накапливаются в контрольном отделении, гонками дисков транспортируются к стенке перегружающего устройства и через окно, перекрытое регулируемой заслонкой 2, поступают в зону действия ковшового колеса 3, поднимаются им и по наклонному коленаобразному лотку возвращаются в рабочее отделение триера.

В машине регулируется распределение зерна заслонками приемного устройства, а уровень зерна в контрольном отделении — заслонкой 2. Минеральные примеси выпускаются из корпуса триера не реже одного раза в сутки и удаляются при открывании задвижек люков 13.

Отличительная особенность триера А9-УТК-6 — функциональное разделение дисков на приемно-рабочие и контрольные, а также наличие накопительного отделения, что позволяет добиваться высокой производительности и эффективности при меньшем количестве дисков.

Для нормальной работы машин на предприятиях необходимо, чтобы уровень зерна в дисковых триерах во время работы был не ниже 100...120 мм от задвижки питающей коробки.

Настройку и регулирование процесса в триере производят с помощью трех заслонок, установленных в приемном устройстве, в перегородке между рабочим и перегружающим отделениями и в задней стенке триера. При открытии заслонки в приемном устройстве устанавливается заданную производительность, не допуская пересыпания зерновой смеси через переднюю кромку днища в канал для очищенного зерна. С помощью заслонки в задней стенке триера устанавливают режим работы, обеспечивающий требуемую эффективность, которую контролируют методом отбора проб исходного и очищенного зерна и отходов.

Преимущества комбинированных дисков по сравнению с чугунными: высокая износостойкость рабочих поверхностей увеличивает срок их службы в 3...5 раз, при этом снижается повреждаемость зерна; оптимальные углы раскрытия ячеек, геометрическая точность и высокая чистота обработки поверхностей сортирующих ячеек исключают их забиваемость зерновками при работе диска, что увеличивает его производительность.

Триер А9-УТК-6 является куколеотборником, а триер А9-УТО-6 — овсюгоотборником.

Техническая характеристика дисковых триеров марок ТДК (А9-УТК-6) и ТДК (А9-УТО-6) представлена в табл. 6.4.

Таблица 6.4. Техническая характеристика дисковых триеров

Показатель	ТДК (А9-УТК-6)	ТДК (А9-УТО-6)	Цилиндрический триер	МБТС
Производительность, т/ч	6	6	4	5
Количество дисков, в том числе:	22	16	—	—
рабочих	15	13	—	—
контрольных	7	3	—	—
Размеры ячеек дисков, мм	5×5×2,5	8×8×4	—	8,5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	10	8	—	—
Частота вращения дискового ротора, мин <sup>-1</sup>	50	55	50	45
Мощность двигателя, кВт	3,0	2,2	2,5	1,8
Габаритные размеры, мм	2425×1000×1500	2000×1000×1100	3630×1000×1100	2430×900×1380
Масса, кг	1014	800	930	1100

**Инженерные расчеты.** К основным расчетным параметрам цилиндрического триера относят производительность, показатель кинематического режима, рабочие размеры цилиндра, его транспортирующую способность, потребляемую мощность.

Производительность триера  $\Pi$  (кг/ч)

$$\Pi = qF,$$

где  $q$  — удельная нагрузка на триерную поверхность, кг/(ч·м<sup>2</sup>);  $F$  — площадь ячеистой поверхности, м<sup>2</sup>.

Для проверочных расчетов производительность цилиндрического триера  $\Pi$  (кг/ч) можно определить, используя формулу

$$\Pi = \varepsilon \pi D n z \Delta L / 60 a,$$

где  $\varepsilon$  — коэффициент использования ячеистой поверхности;  $D$  — диаметр цилиндра, м;  $n$  — частота вращения цилиндра, мин<sup>-1</sup>;  $z$  — количество ячеек на 1 м<sup>2</sup> ячеистой поверхности;  $\Delta$  — средняя масса зерна, выбираемого одной ячейкой, кг;  $L$  — длина цилиндра, м;  $a$  — подача мелкой фракции, кг/ч.

Длина  $L$  (м) триерного барабана в первом приближении определяется по формуле Г.Т. Павловского:

$$L = 53 \Pi a / D k \delta \varepsilon n = 2,77 \Pi a / k \delta \varepsilon v_m,$$

где  $\Pi$  — производительность триера, кг/ч;  $a$  — содержание коротких зерен в исходном материале, %;  $D$  — диаметр триерного цилиндра, м;  $k$  — количество ячеек на 1 м<sup>2</sup> триерной поверхности;  $\delta$  — вместимость одной ячейки;  $\varepsilon$  — коэффициент использования ячеистой поверхности;  $v_m$  — окружная скорость цилиндра, м/с.

Расчетная угловая частота вращения  $\omega$  (с<sup>-1</sup>):

для тихоходных триеров

$$\omega_r = K_r \pi / \sqrt{R},$$

для быстроходных триеров

$$\omega_6 = K_6 \pi / \sqrt{R},$$

где  $K$  — показатель кинематического режима триера ( $K_T = 0,15 \dots 0,30$  — для тихоходных триеров;  $K_6 = 0,50 \dots 0,75$  — для быстроходных триеров).

Потребная мощность  $N$  (кВт) привода цилиндрического триера

$$N = 2 \cdot 10^{-4} P / \eta_{пр},$$

где  $P$  — производительность триера, кг/ч;  $\eta_{пр}$  — КПД привода триера.

К основным параметрам дискового триера относят производительность, диаметр дисков и их количество, кинематический режим, конструктивное исполнение приемно-выпускных и транспортирующих элементов и потребную мощность для привода триера.

Производительность  $P$  (т/ч) дискового триера

$$P = (\pi / 500)(R_1^2 - R_2^2) q z,$$

где  $R_1$  — радиус диска по внешним ячейкам, мм;  $R_2$  — радиус диска по внутренним ячейкам, мм;  $q$  — удельная нагрузка, кг/ч ( $\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ );  $z$  — количество дисков.

Для проверочных расчетов производительность дискового триера  $P$  (т/ч) можно определить по формуле

$$P = 60 z n \Delta X_1 \varepsilon / a,$$

где  $z$  — количество дисков;  $n$  — частота вращения дисков,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\Delta$  — средняя масса зерна, выбираемого одной ячейкой, кг;  $X_1$  — количество ячеек на одной стороне диска;  $\varepsilon$  — коэффициент использования ячеистой поверхности;  $a$  — подача мелкой фракции, кг/ч.

Количество ячеек  $X_1$  на одной стороне диска определяют по формуле

$$X_1 = \pi(D^2 - d^2) / 4(l + b)^2,$$

где  $D$ ,  $d$  — наружный и внутренний диаметры диска, м;  $l$  — размер ячейки, м;  $b$  — ширина перемишки между ячейками, м.

Мощность привода  $N$  (кВт) для дисковых триеров ориентировочно определяют по формуле

$$N = 0,6 P,$$

а для высоконагрузочных триеров

$$N = (0,4 \dots 0,5) P,$$

где  $P$  — производительность дискового триера, т/ч.

## 6.6. ПАДДИ-МАШИНЫ

Падди-машины предназначены для разделения продуктов шелушения зерна на две фракции, одна из которых содержала бы шелушенные зерна, а другая — нешелушенные, т.е. сортируют исходную смесь на фракции, отличающиеся между собой совокупностью различных свойств (коэффициентом трения, плотностью,



формой, размерами и упругостью). Они могут быть использованы для выделения из зерновой смеси примесей: камней, металлических частиц, семян сорных растений и поврежденных зерен.

Принцип действия пади-машины состоит в следующем. К сортировальному столу 1 перпендикулярно поверхности прикреплены стенки 2 зигзагообразной формы (рис. 6.31, а). Они образуют каналы 3 и 4, по которым движется продукт. Сортировальный стол получает прямолинейное возвратно-поступательное движение.

Более плотные частицы I (рис. 6.31, б) с большим коэффициентом трения и меньшей упругостью перемещаются вниз, не соприкасаясь с рабочими участками зигзагообразного канала. Менее плотные частицы II с меньшим коэффициентом трения и большей упругостью, чем частицы I, контактируют с рабочими участками канала и перемещаются вдоль них вверх. При сортировании семенных смесей, содержащих шарообразные и эллипсоидообразные зерна большой упругости (горох, соя), они перемещаются вверх, отражаясь от рабочих участков зигзагообразных стенок канала (рис. 6.31, в).

Для разделения исходного продукта на две фракции сортировальные столы устанавливаются под соответствующим углом наклона к горизонту с помощью специального регулирующего механизма.

Основными признаками, по которым смесь разделяется на рабочих участках канала на две фракции, является различие между плотностью и коэффициентами трения сортируемых частиц. На процесс разделения влияет также различие формы, размеров и упругих свойств частиц.

На эффективность разделения смеси влияет самосортирование, которое происходит при прямолинейно-возвратном поступательном движении канала. Нешелушенные зерна, как более легкие, крупные, упругие и гладкие, попадают в верхние, а шелушенные — в нижние слои. Поэтому процесс разделения зависит от соотношения шелушенных и нешелушенных частиц, а также от толщины слоя разделяемого продукта на днище сортировального стола.

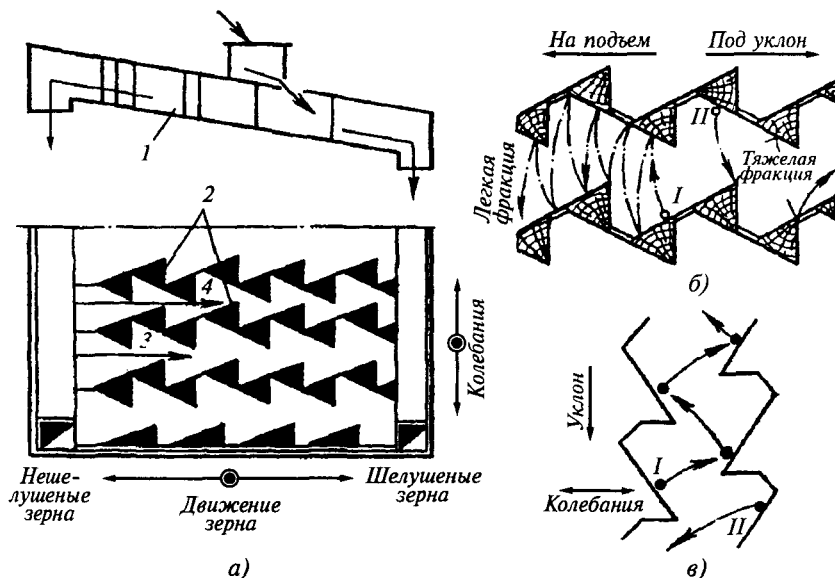


Рис. 6.31. Принцип действия пади-машины

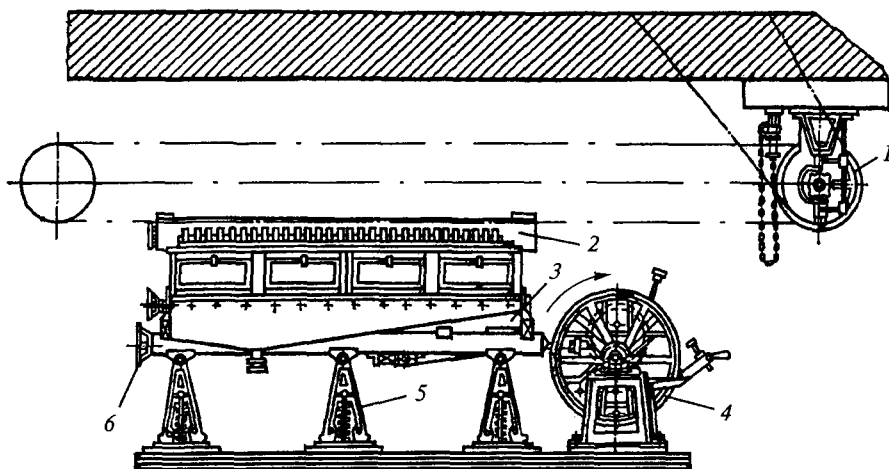


Рис. 6.32. Оди́нарная па́дди-машина

**Оди́нарная па́дди-машина** (рис. 6.32) состоит из приемного устройства 2, распределяющего продукт равномерным слоем по всей длине машины, и корпуса 3, в котором находятся 30 каналов с зигзагообразными направляющими плоскостями. Каналы расположены на трех сортировальных столах по десять в каждом; на второй стол продукт поступает через отверстия первого, а на третий — через отверстия первого и второго сортировальных столов. Штурвал 6 позволяет изменять и фиксировать наклон корпуса от отношения к горизонтальной оси. Стойки 5 шарнирно соединяют корпус с основанием станины. Приводной механизм 4 через эксцентрики и тяги приводит в возвратно-поступательное движение корпус машины.

Вспомогательная трансмиссия 1 имеет один или два шкива в зависимости от количества машин, которые она приводит в движение. На вспомогательной, а также сопряженной с ней трансмиссиях установлены конические шкивы. Вращение от главной трансмиссии на вспомогательную передается плоским ремнем, надетым на конические шкивы, что позволяет регулировать скорость движения корпуса машины.

Приводной механизм оди́нарной па́дди-машины (рис. 6.33) включает шкив 2 с противовесом 3, жестко сидящим на валу 1. На конце вала закреплено коническое зубчатое колесо 6, которое через зубчатые колеса 7 и 5 передает вращение шкиву 4 с противовесом 8.

В результате суммарная центробежная сила инерции обоих противовесов при горизонтальном направлении уравнивает силу инерции корпуса. При другом положении противовесов центробежные силы инерции уравнивают друг друга. Подобная конструкция приводного механизма позволяет уравновесить всю систему па́дди-машины.

### Техническая характеристика оди́нарной па́дди-машины

Производительность, кг/с:

при переработке овса в крупу:

в основной машине . . . . . 0,14

в контрольной машине . . . . . 0,30...0,36

при переработке риса в крупу:	
в основной машине . . . . .	0,21
в контрольной машине . . . . .	0,3
при переработке проса в пшено:	
в основной и контрольной машинах . . . . .	0,11
Количество каналов в трех ярусах . . . . .	30
Эксцентриситет, мм . . . . .	90
Частота колебаний, кол/мин . . . . .	95...105
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,16
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1,25
Размеры каналов, мм . . . . .	1320×215×93
Масса, кг. . . . .	1950

Для нормальной работы падди-машины необходимо непрерывное поступление продукта одинаковым слоем во все каналы машины и плотное прилегание направляющих стенок к опорной поверхности сортировального стола. Поверхность стола и всех направляющих стенок должна быть плоской, не допускается перекося корпуса стола, так как это вызывает накопление продукта около стенок каналов, а также нарушение установленного кинематического режима машины. Технологический процесс в падди-машине регулируют, уменьшая или увеличивая наклон корпуса по отношению к горизонтальной оси и изменяя частоту колебаний. Основное достоинство падди-машины — относительно высокая точность разделения при стабильной работе. К недостаткам следует отнести громоздкость и динамическую неуравновешенность.

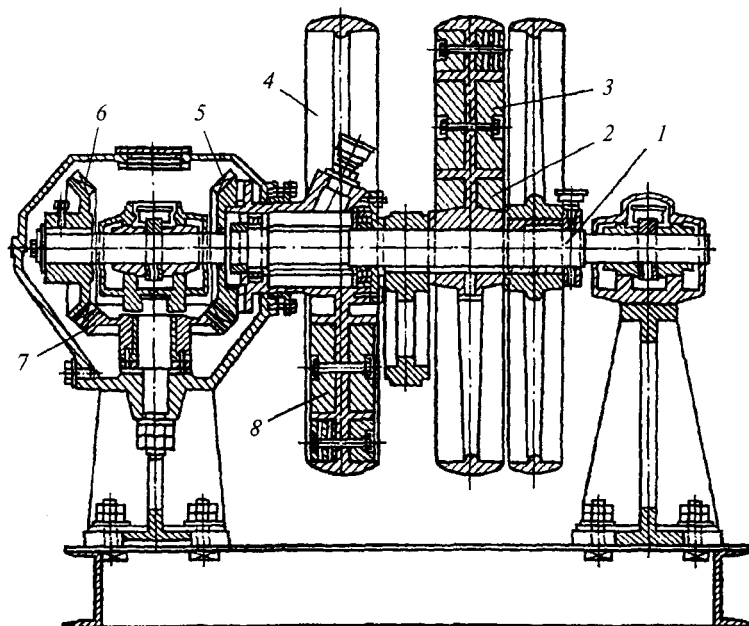


Рис. 6.33. Приводной механизм одинарной падди-машины

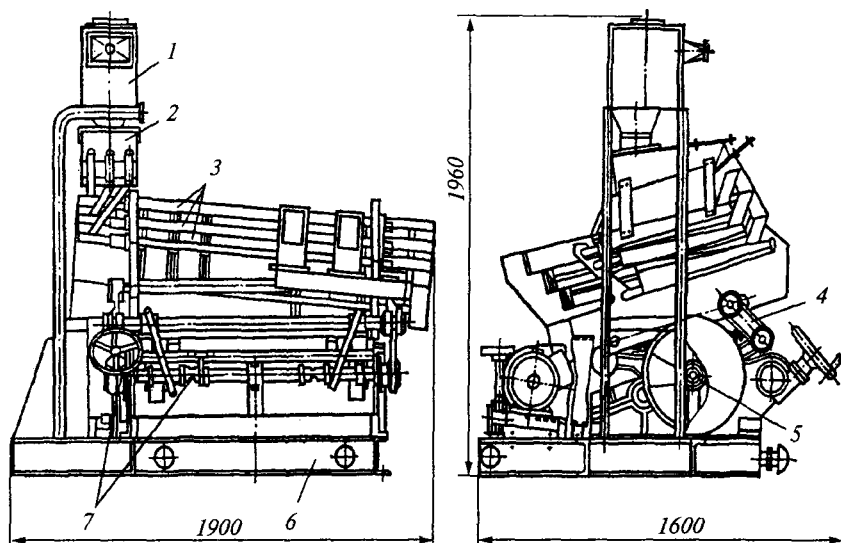


Рис. 6.34. Крупоотделительная машина БКО

**Крупоотделительная машина БКО** (рис. 6.34) предназначена для отделения шелушенных зерен риса, гречихи и овса от нешелушенных.

Машина состоит из аспирационной колонки 1, питателя 2 с тремя распределительными трубами, трех сортирующих столов 3, системы подвесок 4, эксцентрикового вала 5, механизма 7 регулирования угла наклона сортирующих столов, привода и станины 6, на которой смонтированы узлы машины и электрооборудование.

Сортирующие столы 3 — основной рабочий орган, на котором разделяется исходная смесь шелушенного и нешелушенного зерна. Дно сортировочных столов представляет собой плоский металлический лист, на поверхности которого выштампованы ячейки глубиной 1 мм и размерами 5×5 мм. Ячейки днища обращены выпуклой стороной наружу.

Сортирующие столы наклонены в продольном и поперечном направлении. Наклон столов в направлении колебаний регулируют механизмом от 8 до 24° к горизонту. Наклон столов в направлении, перпендикулярном колебаниям, составляет 3°30'...4°.

Основной признак, по которому исходный продукт разделяется на отдельные фракции, — различие между коэффициентами трения шелушенных и нешелушенных зерен об ячеистую поверхность сортирующего стола и их плотностью. Большое значение для разделения смеси имеет самосортирование, которое происходит при возвратно-поступательном движении стола. Нешелушенные зерна, как более легкие, крупные, упругие, попадают в верхние слои, а шелушенные — в нижние.

Оптимальный режим работы машины устанавливают регулированием частоты колебаний и угла наклона сортирующих столов в зависимости от физико-механических свойств исходного продукта. Наклон столов и частоту колебаний регулируют в зависимости от содержания нешелушенного зерна, его вида и сорта.

### Техническая характеристика крупноотделительной машины БКО

Производительность, т/ч . . . . .	2,0...2,5
Коэффициент использования, % . . . . .	0,80...0,85
Количество сортирующих столов . . . . .	3
Амплитуда колебаний столов, мм . . . . .	28
Частота вращения эксцентрикового вала, мин <sup>-1</sup> . . . . .	170...200
Угол наклона сортирующих столов в направлении колебаний (регулируемый), град . . . . .	8...24
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,11
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1,1
Масса, кг:	
сортирующих столов . . . . .	160
машины . . . . .	695

**Инженерные расчеты.** Расчет крупноотделительных машин включает определение производительности, потребляемой мощности привода, габаритных размеров деталей рабочих органов.

Частота вращения эксцентрика  $n$  (с<sup>-1</sup>), приводящего просеивающие сита в возвратно-поступательное движение:

$$n = (35..40)\sqrt{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha) / r},$$

где  $\varphi$  — угол трения частицы о поверхность сита, град,

$$\varphi = \operatorname{arctg} k,$$

здесь  $k$  — коэффициент трения;  $\alpha$  — угол наклона сита, град;  $r$  — эксцентриситет (радиус кривошипа), м.

Производительность крупноотделительных машин  $\Pi_m$  (кг/с) с прямоугольной просеивающей поверхностью

$$\Pi_m = hbv\rho,$$

где  $h$  — толщина слоя материала в начале просеивающей поверхности, м;  $b$  — ширина просеивающей поверхности, м;  $v$  — скорость движения материала по поверхности, м/с;  $\rho$  — плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность  $N$  (кВт), необходимая для приведения в движение сит:

$$N = kn^3r^2(m_c - m_n)/250,$$

где  $k$  — коэффициент ( $k = 2,0..2,5$ );  $n$  — частота вращения эксцентрика, с<sup>-1</sup>;  $r$  — эксцентриситет, м;  $m_c$  — масса качающихся частей сита, кг;  $m_n$  — масса слоя продукта на сите, кг;

$$m_n = Sh\rho g,$$

здесь  $S$  — площадь сита, м<sup>2</sup>;  $h$  — толщина слоя продукта, м;  $\rho$  — насыпная плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

## 6.7. ВОЗДУШНЫЕ СЕПАРАТОРЫ

Основная технологическая функция воздушных сепараторов — выделение из зерновой смеси примесей, отличающихся от зерна по аэродинамическим признакам (пыль, частицы оболочек, сорные примеси).

Применяются два типа воздушных сепараторов: РЗ-БАБ и РЗ-БСД.

Основным параметром, определяющим возможность разделения зерновой смеси по аэродинамическим свойствам, является скорость витания. При средней скорости воздушного потока 7...8 м/с возможно достаточно четкое разделение зерна пшеницы и примесей. Зерновая смесь разделяется в вертикальном канале, где воздушный поток взаимодействует с движущимся слоем зерна. Воздушные сепараторы, в которые исходная смесь подается пневмотранспортом, выполняют две функции: выделение легких примесей из зерна и вывод в аспирационную сеть транспортирующего воздуха.

На эффективность работы воздушных сепараторов влияют: удельная нагрузка, состав зерновой смеси (степень различия аэродинамических свойств зерна и примесей), средняя скорость воздушного потока, равномерность распределения скоростей воздушного потока в поперечном сечении канала в рабочей зоне.

С увеличением скорости витания примесей эффективность их отделения снижается. Так, при изменении средней скорости воздушного потока с 4,4 до 5 м/с эффективность очистки повышается с 25,3 до 44,8 %, а дальнейшее увеличение скорости вызывает увеличение количества зерна в отходах.

**Воздушный сепаратор РЗ-БАБ** (рис. 6.35) предназначен для очистки зерна от легких примесей. Приемная камера 12 сепаратора сварной конструкции имеет отверстие в верхней части для поступления зерна в смотровое окно. Корпус изготовлен из листовой стали в виде вертикального прямоугольного канала. Его основание сварено из уголков.

На боковинах сепаратора по всей высоте расположены смотровые окна 1. Задняя стенка имеет жалюзи 8 для поступления воздуха в пневмосепарирующий канал. Внутри корпуса установлена подвижная стенка 5, которая с передней стенкой корпуса об-

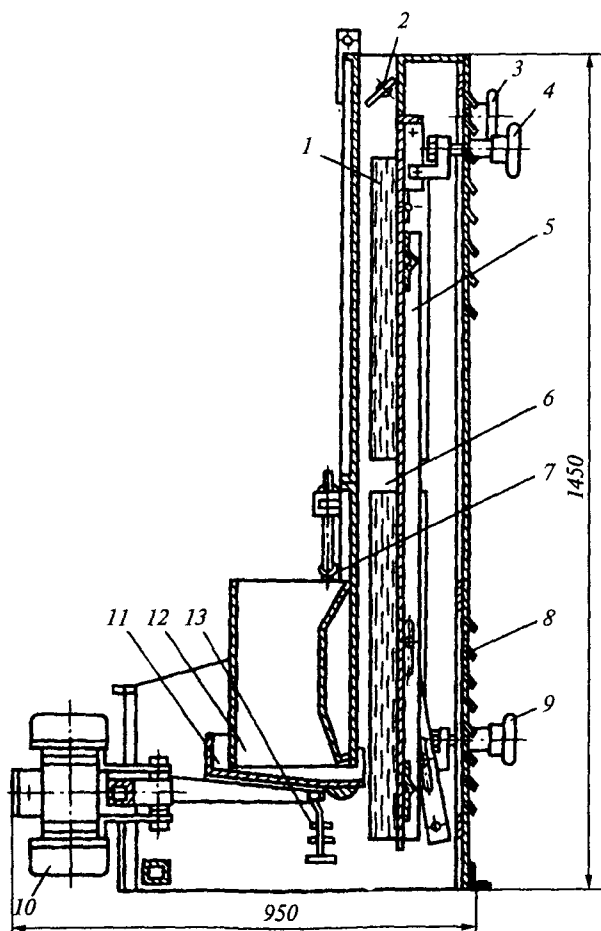


Рис. 6.35. Воздушный сепаратор РЗ-БАБ

разует пневмосепарирующий канал 6. Подвижная стенка состоит из верхней и нижней частей, шарнирно соединенных между собой. Положение обеих частей регулируют штурвалами 4 и 9 так, что можно устанавливать различную скорость воздуха в верхней и нижней частях пневмосепарирующего канала.

В верхней части пневмосепарирующего канала установлена дроссельная заслонка 2 для регулирования расхода воздуха. Ее положение фиксируют штурвалом 3. Вибролоток 11 сварной конструкции обеспечивает подачу зерна в пневмосепарирующий канал. Резиновая накладка вибrolотка служит днищем приемной камеры. С корпусом лоток соединен резиновыми подвесками и пружинами 7, которые обеспечивают необходимый подпор зерна в приемной камере независимо от нагрузки, что предотвращает подсос воздуха в пневмосепарирующий канал. Для установления начального зазора между вибrolотком и приемной камерой служит ось с ограничителем хода 13. Это винтовое устройство, на которое опирается вибrolоток.

Вибролоток приводится в колебательное движение инерционным вибратором 10, который представляет собой электродвигатель с дебалансными грузами. Изменяя их положение, увеличивают или уменьшают амплитуду колебаний вибrolотка в пределах 1,5...2,5 мм. На боковой стенке корпуса расположена люминесцентная лампа, освещающая пневмосепарирующий канал, что облегчает визуальный контроль и регулирование рабочего процесса. Сепаратор устанавливают на подставке, которую крепят к перекрытию этажа.

Технологический процесс в воздушном сепараторе происходит следующим образом. Зерно поступает в приемную камеру 12, затем на вибrolоток 11. Подпор зерна препятствует подсосу воздуха в приемную камеру. Вибролоток не только выравнивает слой зерна по всей длине пневмосепарирующего канала, но и способствует расслоению зерновой смеси так, что легкие примеси перемещаются в верхний слой. Это способствует более эффективному их выделению воздухом. Кроме того, подвижную стенку 5 в нижней части устанавливают в такое положение, чтобы слой зерна, сходящего с вибrolотка 11, был практически горизонтальным. Все это создает оптимальные условия для пневмосепарирования.

Основное количество воздуха, проходя под вибrolотком 11, объединяется с воздухом, поступающим через жалюзи задней стенки, и пронизывает слой зерна. Дополнительное поступление воздуха через жалюзи препятствует оседанию пыли в пневмосепарирующем канале. Легкие примеси вместе с воздухом поднимаются вверх по каналу и уносятся в аспирационную систему, а очищенное зерно выводится через выпускной патрубок.

Отличительная особенность воздушного сепаратора РЗ-БАБ — это наличие вибrolотка, обеспечивающего надежное распределение и расслоение зерна по длине пневмосепарирующего канала, а также возможность регулирования сечения и формы пневмосепарирующего канала, что существенно повышает эффективность очистки зерна от легких примесей.

### Техническая характеристика сепаратора РЗ-БАБ

Производительность, т/ч . . . . .	10,5
Эффективность, % . . . . .	65...75
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч. . . . .	4800
Частота колебаний вибrolотка, кол/мин . . . . .	1420
Мощность, кВт:	

электровибратора . . . . .	0,12
светильника . . . . .	0,04
Размеры пневмосепарирующего канала, мм . . . . .	1005×180×1450
Габаритные размеры, мм . . . . .	1130×950×1450
Масса, кг. . . . .	270

Перед пуском воздушного сепаратора следует обратить внимание на крепление вибратора. Амплитуду его колебаний регулируют, изменяя взаиморасположение грузов, установленных на концах вала. С увеличением расстояния между грузами амплитуда уменьшается, и наоборот. Для регулирования амплитуды колебаний снимают верхний и нижний кожухи вибратора, отпускают болты крепления крайних грузов. Далее приближают или удаляют свободные грузы относительно закрепленных. Необходимо следить за тем, чтобы положение грузов в верхней и нижней частях вибратора строго совпадало. Затем закрепляют грузы и устанавливают кожухи.

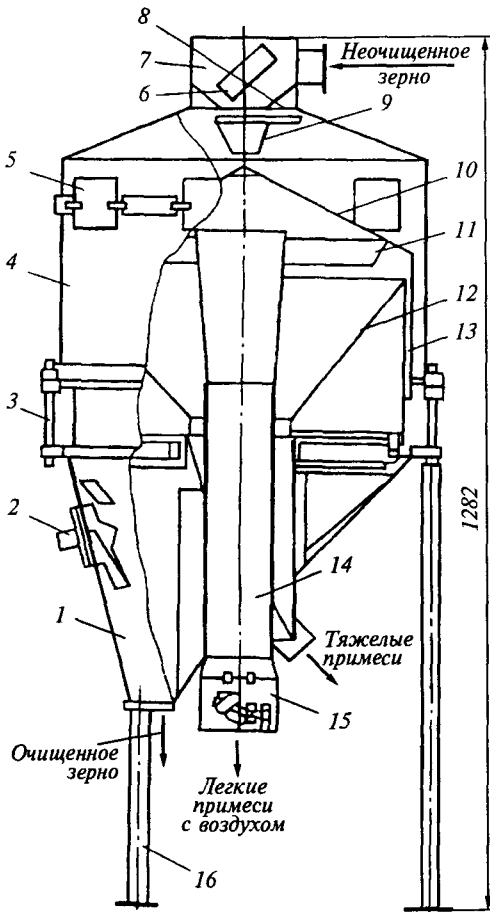


Рис. 6.36. Пневматический сепаратор РЗ-БСД

Вибролоток должен свободно вибрировать (от руки), а его амплитуда не должна превышать 3 мм. Недопустимо касание вибrolотка стенок приемной камеры. Примерное расстояние между приемной камерой и резиновой пластиной вибrolотка 3...4 мм. Вибролоток устанавливают строго параллельно кромке камеры так, чтобы размер щели был одинаковым по всей длине; его регулируют, изменяя натяжение пружины.

Для эффективной работы и предотвращения подсосов воздуха необходимо следить, чтобы приемная камера была заполнена зерном. Для того чтобы добиться требуемой эффективности очистки, производят регулирование дроссельной заслонки и подвижной стенки. В это время для освещения пневмосепарирующего канала используют светильник.

Причиной переполнения зерном приемной камеры может быть недостаточная величина щели между вибrolотком и стенкой камеры или недостаточная амплитуда колебаний вибrolотка, снижающая подачу зерна. В первом случае необходимо увеличить питающую щель, ослабив натяжение подвесных пружин, во втором — увеличить амплитуду колебаний, сдвигая дебалансные грузы.



**Пневматический сепаратор РЗ-БСД** (рис. 6.36) предназначен для разгрузки зерна, перемещаемого в нагнетающей сети пневмотранспорта, а также для выделения аспирационных отнoсов: тяжелых (шуплых, изъеденных и битых зерен) и легких (оболочек, солоmistых частиц, пыли).

Цилиндрический корпус сепаратора представляет собой сварную конструкцию. В его верхней части установлены винты для крепления направляющей воронки 9, а в нижней части расположены стойки 3, соединяющие корпус 4 с выпускным патрубком 1 для очищенного зерна и опорами 16. Корпус надевают на распределительный конус и устанавливают на направляющее кольцо. В нем сделаны три окна 5, предназначенные для регулирования направляющей воронки 9 и наблюдения за равномерностью распределения зерна.

Приемный патрубок 7 закреплен сверху на корпусе поворотным фланцем 8. Внутри патрубка расположен отражатель 6, направляющий поток зерна в воронку. Для обслуживания предусмотрена съемная крышка.

Распределительный конус 10 представляет собой сварную конструкцию, состоящую из конусной и цилиндрической частей. Здесь происходит равномерное распределение зерна по всей окружности воздушного канала. Конус 10 надевают на внутренний кожух 13 и по всей его окружности приваривают козырек 11, способствующий направлению вниз крупных отнoсов. Кожух 13 образует цилиндр, внутри которого приварен перевернутый усеченный конус 12. Они образуют осадочную камеру, где осаждаются тяжелые отнoсы (частицы зерна). Диаметр отсасывающего патрубка 14 неодинаков по высоте, что позволяет более плавно изменять скорость. Его монтируют внутри сепаратора. Поток воздуха, проходящий через патрубок и дроссельную наставку 15, уносит легкие отнoсы (легкие примеси), которые осаждаются в фильтре-циклоне аспирационной сети.

Выпускной патрубок 1 выполнен в виде неправильного конуса. К нему фланцем прикреплен электросигнализатор 2, имеющий следующие узлы: педаль, стержень, клапан, микровыключатель, пружину, две стойки и электрокабель. Накапливаясь, зерно давит на педаль, которая через стержень нажимает на микровыключатель, заблокированный с подачей зерна. Одновременно подается сигнал на пульт управления и отключается подача зерна. После устранения подпора в конусе выпускного устройства пружина возвращает клапан в первоначальное положение, подача зерна автоматически возобновляется.

Технологический процесс проходит следующим образом. Зерно вместе с транспортирующим воздухом из нагнетающего продуктопровода поступает через приемный патрубок 7 в сепаратор, ударяется об отражатель и падает в направляющую воронку 9. Из нее оно попадает в конус 10 и, равномерно распределяясь по окружности, сыпается через внешнее кольцевое пространство на направляющее кольцо. Далее зерно поступает в кольцевой канал, где пронизывается встречным потоком воздуха. Очищенное зерно падает вниз, а легкие частицы уносятся в осадочную камеру. Там они дополнительно разделяются на тяжелые и легкие отнoсы. Тяжелые отнoсы выводятся из осадочной камеры через шлюзовой затвор, а легкие уносятся воздушным потоком в аспирационную сеть.

#### Техническая характеристика сепаратора РЗ-БСД

Производительность, т/ч . . . . .	7
Эффективность, % . . . . .	50...60
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	3250

Диаметр наружного цилиндра, мм . . . . .	1174
Размеры пневмосепарирующего канала, мм. . . . .	2800×60×400
Габаритные размеры, мм . . . . .	1174×1174×2182
Масса, кг. . . . .	335

Расход воздуха регулируют дроссельным клапаном, установленным в нижней части отсасывающего воздуховода. Если в нем обнаруживают целые зерна, скорость воздуха уменьшают дроссельным клапаном. Наблюдая в цилиндрическое прозрачное окно, можно заметить неравномерность поступления зерна. В этом случае открывают продольные отверстия для забора воздуха. Дополнительный приток воздуха в верхней части способствует более равномерному распределению зерна.

**Аспирационную колонку А1-БКА** (рис. 6.37) относят к устройствам с каскадным принципом пневмосепарирования, она предназначена для выделения примесей из зерна злаковых культур, разделения продуктов шелушения крупяных культур, отличающихся аэродинамическими свойствами, а также для контроля крупы и лузги.

Над питающим валиком 12 размещен грузовой клапан 14, регулирующий толщину слоя продукта. Под валиком 12 расположены наклонные скаты 15 и четыре поворотных клапана, образующих каскады сепарирования. Клапаны 16 позволяют регулировать направление воздушного потока и прохождение продукта в зоне сепарирования. В нижней части корпуса на выходе из машины установлено магнитное устройство 17, представляющее собой набор малогабаритных магнитных дуг, соединенных полюсными накладками.

Осадочная камера 10 имеет сверху клапан 13 для регулирования расхода воздуха и соответственно скорости воздуха в зоне сепарирования. В нижней части камеры расположены два ряда разрезных клапанов 8, которые в процессе работы в результате образующегося вакуума прижимаются к наклонному скату и по мере накопления продукта силой его тяжести открываются, выпуская продукт (легкие примеси), не нарушая герметичности. Для регулирования положения клапанов 16 служат рукоятки 1, установленные на наружной боковой поверхности колонки. Здесь же находятся смотровые окна 6, 7 и 9.

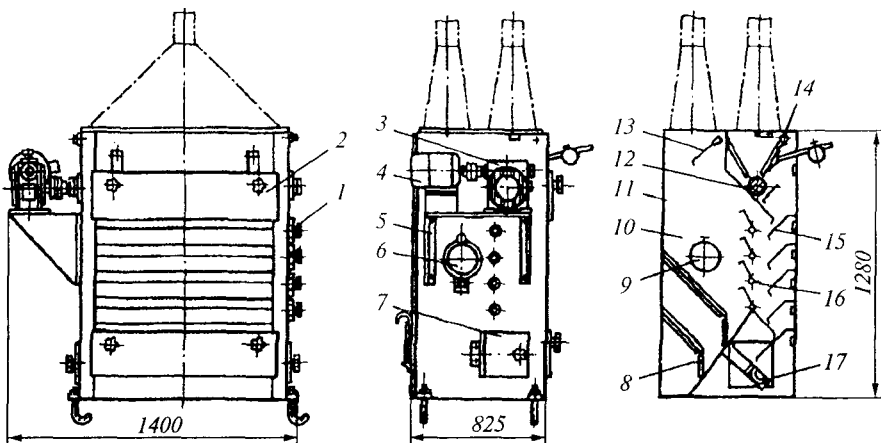


Рис. 6.37. Аспирационная колонка А1-БКА

Колонка имеет два прямоугольных отверстия, предназначенных для присоединения самотечной трубы и патрубка для аспирации, к которому подсоединяют воздухопровод аспирационной сети. На передней стенке колонки сделаны два люка со съемными фортками 2, которые обеспечивают доступ к питающему валу и магнитному устройству. Электродвигатель 4 и редуктор 3 устанавливают на кронштейне 5, прикрепленном к корпусу 11 колонки.

Продукт через приемное отверстие попадает на питающий валик диаметром 70 мм и равномерной лентой через грузовой клапан поступает на первый неподвижный наклонный скат. Далее, перемещаясь с одного ската на другой, продукт каждый раз изменяет направление движения, образуя четыре каскада. На всем пути перемещения продукт продувается воздушным потоком, который увлекает и уносит в осадочную камеру легкие примеси (лузгу, пыль, мелкий сор и т.д.).

Зерно (или ядро), пройдя все каскады пневмосепарирования, поступает в нижнюю часть корпуса на наклонную плоскость магнитного устройства и, пройдя по ней, выводится из машины, а металломагнитные примеси удерживаются на полюсных накладках. Эти примеси периодически удаляют, очищая рабочую поверхность магнитного устройства. Легкие примеси осаждаются в камере 10 и по мере накопления выводятся из машины.

В период пуска колонки необходимо отрегулировать подачу продукта с помощью грузового клапана 14, общий расход воздуха на колонку (клапан 13) и по каскадам (клапаны 16), ориентируясь на максимально достигнутую технологическую эффективность. Воздушный режим в процессе эксплуатации необходимо периодически регулировать.

### Техническая характеристика аспирационной колонки А1-БКА

Производительность, т/ч:	
для зерна . . . . .	5
для продуктов шелушения крупяных культур . . . . .	3,3
для крупы . . . . .	3,8
Эффективность, %:	
для зерна . . . . .	80
для продуктов шелушения крупяных культур . . . . .	75
для крупы . . . . .	95...97
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч. . . . .	2900...4800
Частота вращения питающего валика, мин <sup>-1</sup> . . . . .	42
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	0,4
Габаритные размеры, мм . . . . .	1400×825×1280
Масса, кг . . . . .	300

**Инженерные расчеты.** Эффективность работы воздушных сепараторов определяют совокупностью показателей: производительность; технологическая эффективность выполняемой операции; стабильность (с точки зрения эффективности работы отдельных рабочих органов и устойчивости показателей производительности и качества обрабатываемого продукта).

Производительность воздушных сепараторов  $\Pi$  (т/ч) определяют по формуле

$$\Pi = 60G/1000t,$$

где  $G$  — масса зерна, поступающего в машину, кг;  $t$  — время снятия баланса, мин.

Технологическую эффективность выполняемой операции оценивают снижением содержания примесей, подлежащих удалению в конкретной машине, и содержанием основного зерна в отходах.

Снижение засоренности  $E$  (%) определяют по формуле

$$E = (A - B)100/A,$$

где  $A$  и  $B$  — содержание примесей до и после очистки, %.

## 6.8. МАГНИТНЫЕ СЕПАТОРЫ

В зерновой смеси, как правило, содержатся металломагнитные примеси, которые не удается полностью выделить в зерноочистительных сепараторах. Наличие таких примесей может привести к искрообразованию и повреждению рабочих органов машин при переработке зерна. Особенно опасно попадание металломагнитных примесей в готовую продукцию, где их содержание строго нормируется. Рабочий процесс в магнитных сепараторах основан на различии магнитных свойств зерновых продуктов и примесей. Для извлечения металломагнитных частиц необходимо, чтобы сила

притяжения магнита, действующая на них, была бы не менее проекции равнодействующей всех механических сил, испытываемых частицами, на направление силы притяжения.

Эффективность извлечения металломагнитных примесей зависит в основном от соотношения сил притяжения металломагнитных частиц к магнитному экрану, удерживающих их в магнитном поле, и смывающих сил потока продукта. Эффективность выделения металломагнитных примесей определяют по содержанию примесей в зерне до и после очистки.

Магнитные сепараторы У1-БМЗ и У1-БМЗ-01 (рис. 6.38, а, б) предназначены для выделения металломагнитных примесей из зерна, а также для извлечения металломагнитных примесей из аспирационных отсосов, промежуточных продуктов размола и муки.

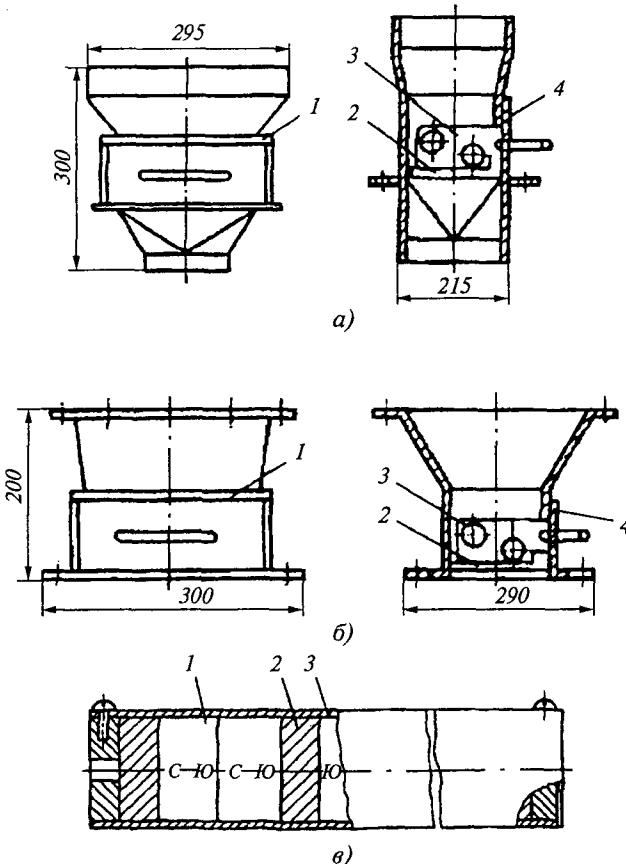


Рис. 6.38. Магнитный сепаратор:

а — У1-БМЗ; б — У1-БМЗ-01; в — цилиндрический магнит

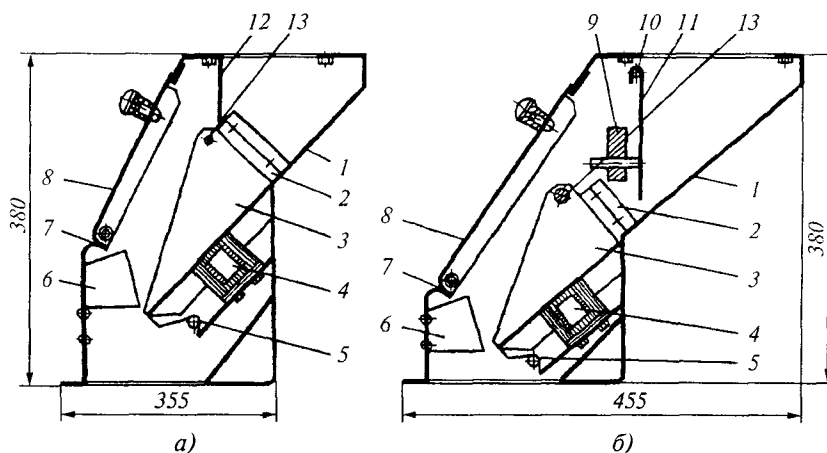


Рис. 6.39. Магнитный сепаратор:  
а – У1-БМП; б – У1-БМП-01

Магнитные сепараторы этого типа имеют одинаковое устройство. Корпус 1 представляет собой сварной короб с отверстиями для приемки и выпуска продукта. В зависимости от технологического назначения и места установки его изготавливают в двух исполнениях.

В передней стенке корпуса расположен люк, через который по направляющим 2 вставляют основной рабочий орган сепаратора — блок магнитов 3. Он выполнен в виде сварного кронштейна, в котором горизонтально установлены два цилиндрических магнита. К кронштейну крепится заслонка 4, перекрывающая отверстие люка корпуса, для герметизации снабженная прокладками и ручкой.

Цилиндрический магнит (рис. 6.38, в) состоит из десяти постоянных дисковых магнитов 1 с вставками 2 и кожуха 3.

**Магнитный сепаратор У1-БМП** (рис. 6.39) предназначен для выделения металломагнитных примесей из зерна, его также используют для выделения металломагнитных примесей из промежуточных продуктов размола зерна.

Устройство сепараторов этого типа одинаково. Корпус 1 обоих сепараторов представляет собой сварной короб с отверстиями для приемки и выпуска продукта. Он изготовлен в двух исполнениях в соответствии с технологическим назначением и местом установки. В передней стенке корпуса расположен люк, закрываемый крышкой 8. Для предотвращения выделения пыли установлены прокладки 7. Внутри корпуса смонтированы оси 5 и 13. На них расположены магнитодержатель 3 и ограничитель 2. Ребро 12 для направления потока продукта на плоскость блока магнитов и направляющие накладки 6 крепят к корпусу сепаратора.

Магнитодержатель представляет собой сварной кронштейн из нержавеющей стали с вставленным в него блоком магнитов 4. Для удобства очистки магнитов весь магнитодержатель можно вынуть через люк корпуса, а затем снова установить по направляющим накладкам. Магнитный блок представляет собой шесть плоских магнитов, собранных в комплект.

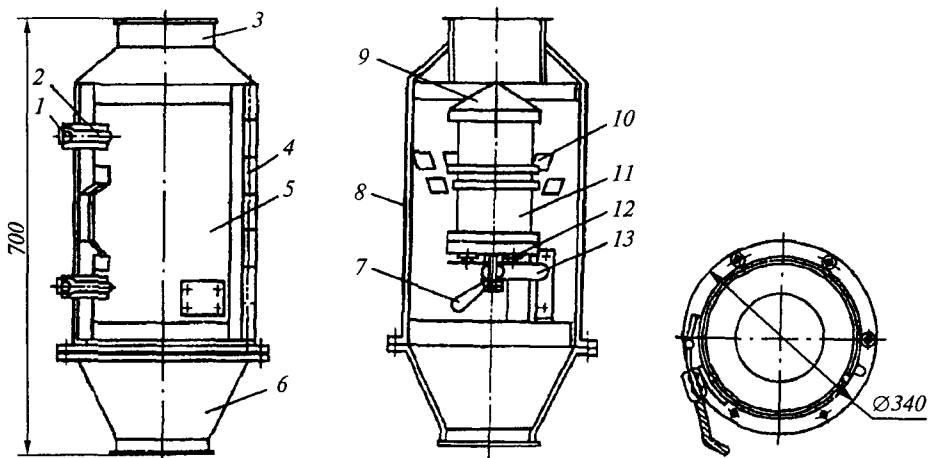


Рис. 6.40. Магнитный сепаратор У1-БММ

Отличительная особенность магнитного сепаратора У1-БМП-01 — заслонка 11, представляющая сварной кронштейн, свободно висящий на оси 10. Заслонка обеспечивает равномерную подачу продукта. В зависимости от количества продукта положение заслонки (угол наклона) регулируют грузом 9.

**Магнитный сепаратор У1-БММ** (рис. 6.40) предназначен для выделения металломагнитных примесей из муки. Корпус 8 представляет собой сварной полый вертикальный цилиндр. В верхней его части расположен приемный патрубок 3 с отбортовкой, которая позволяет соединять при помощи хомута сепаратор с самотечной трубой. К нижней части корпуса приварен фланец с отверстиями для установки и закрепления сепаратора. Внутри корпуса сделаны козырьки 10, направляющие поток продукта на блок магнитов 11. Козырьки расположены по окружности корпуса двумя рядами в шахматном порядке. На боковой стороне находится люк для очистки блока магнитов от задержанных примесей.

Дверка 5 одной стороной связана с корпусом шарнирной петлей 4, а другой — двумя замками 2, герметично закрывающими ее во время работы. Плотность закрывания дверки регулируют выдвижным захватом 1. На внутренней стороне дверки приварены направляющие козырьки. В нижней части двери смонтирована подставка 13 для установки блока магнитов. Она выполнена в виде скобы с приваренным диском.

Блок магнитов — основной рабочий орган сепаратора. Он состоит из кольцевых постоянных магнитов, собранных в два комплекта, между которыми находятся два диамагнитных диска, закрытых обечайкой.

Для равномерного распределения муки в верхней части блока установлен конус. Для удобства очистки магнитов предусмотрены шариковые опоры 12. На них магнитный блок может поворачиваться. Если поворот блока затруднен, ручкой 7 ослабляют его прижатие к подставке.

Техническая характеристика магнитных сепараторов представлена в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Техническая характеристика магнитных сепараторов

Показатель	У1-БМЗ-01	У1-БМЗ	У1-БМП-01	У1-БМП	У1-БММ
Производительность, т/ч	11	2	11	11	8
Количество:					
блоков	2	21	1	2	
магнитов в блоке	10	10	6	6	7
Габаритные размеры, мм	300×290×	295×215×	455×370×	355×370×	700×340×
	×200	×300	×380	×380	×340
Масса, кг	6	8	30	25	56

Продукт по конусу 9 поступает в кольцевой канал сепаратора, где при помощи козырьков направляется на блок магнитов. Металло-магнитные примеси притягиваются к магнитам, а очищенный продукт выводится через выпускной патрубок 6.

Чтобы сепараторы работали нормально, поверхность магнитного блока очищают один раз в семь—десять дней. Периодичность очистки зависит от количества металломагнитных примесей в исходном продукте и производительности сепаратора. Во время его работы не рекомендуется открывать крышку и очищать блок магнитов, регулировать или ремонтировать. После каждой очистки во избежание выделения пыли проверяют плотность прилегания крышки (типа У1-БМП), магнитной заслонки (типа У1-БМЗ) или дверки (У1-БММ). Запыленность в рабочей зоне не должна превышать 2 мг/м<sup>3</sup>. При необходимости заменяют прокладки, подтягивают резьбовые соединения или регулируют захваты замков дверок.

При снижении эффективности выделения металломагнитных примесей проверяют производительность сепаратора и регулируют слой продукта. Если магнитная индукция становится ниже установленных норм, блоки магнитов перемагничивают.

В работе магнитных сепараторов могут возникать неисправности. Чрезмерное выделение пыли в зоне работы сепаратора (свыше 2 мг/м<sup>3</sup>) чаще всего возникает вследствие износа прокладок, ослабления резьбовых соединений. В магнитном сепараторе У1-БММ пыление возникает также по причине неплотного прилегания двери, которое устраняется регулированием положения захватов замков.

Если не проворачивается блок магнитов в сепараторе У1-БММ, то он сильно прижат к подставке, и для устранения неисправности ослабляют затяжку ручки.

**В однобарабанном сепараторе А1-ДЭС** (рис. 6.41) электромагнитная система сепаратора неподвижна, с чередующейся полярностью полюсов поперек движения продуктов. Зерно поступает через загрузочный патрубок 4, в котором смонтированы клапан 2 и задвижка 1. Клапан поворачивается относительно оси, на которой жестко закреплен противовес 3. Поступающее на сепаратор зерно преодолевает действие противовеса и открывает клапан. В закрытом положении рычаг противовеса нажимает на конечный выключатель и тем самым обеспечивает отключение электромагнитной системы в случае прекращения поступления зерна.

Задвижка, выполненная в виде шибера, предназначена для перекрытия сыпи зерна в случае возникновения опасности завала сепаратора. Об опасности завала дает сигнал измерительный преобразователь уровня 13, смонтированный в разгрузочном

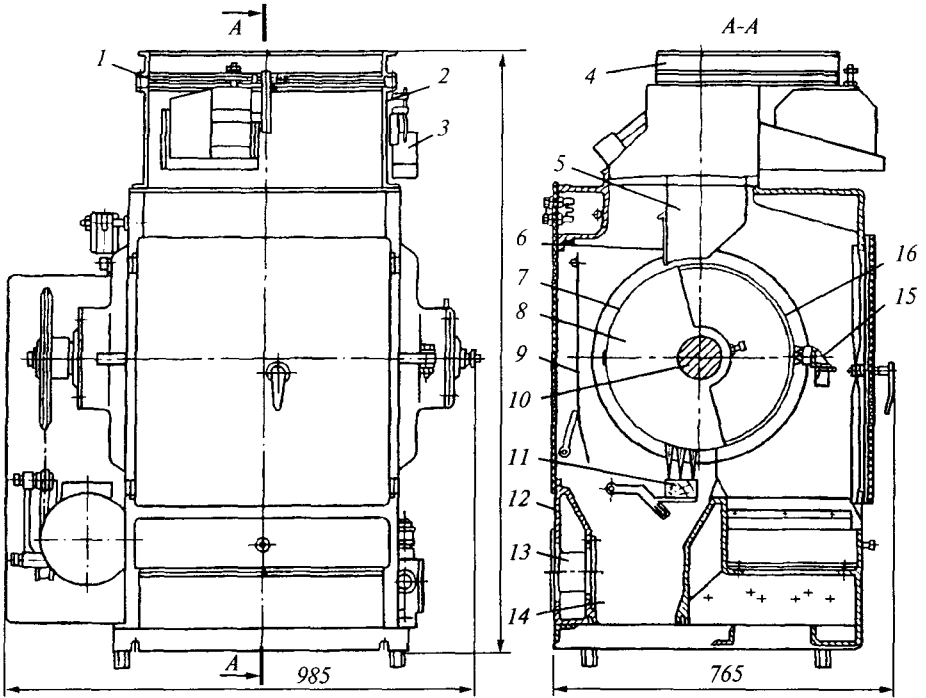


Рис. 6.41. Электромагнитный однобарабанный сепаратор А1-ДЭС

патрубке 14. Кроме того, задвижкой можно регулировать подачу зерна, обеспечивая работу дробилки в автоматическом режиме в случае установки промежуточного бункера между сепаратором и дробилкой с двумя измерительными преобразователями уровня.

Питающий бункер 5 снабжен клапаном 6, который под действием противовеса прижимается к барабану. Поступающий продукт отжимает клапан.

Электромагнитный барабан 8 состоит из вращающейся обечайки 7 и неподвижной электромагнитной системы. Обечайка выполнена из немагнитного материала. При помощи планки на обечайке металломагнитные примеси извлекаются из магнитного поля. Обечайка смонтирована на шариковых подшипниках.

Электромагнитная система включает в себя сердечник 10, выполненный в виде оси, четыре катушки на сердечнике, два боковых полюса и три промежуточных полюса. В нерабочей зоне барабана смонтирован экран 16, уменьшающий магнитное поле. Обечайка в нерабочей зоне очищается от металломагнитных примесей скребком 15.

На границе магнитного поля снизу барабана смонтирована щетка 11 для очистки обечайки от налипших частиц продукта.

В рабочей зоне барабана фартук 9 предотвращает разбрызгивание продукта при его движении по обечайке.

Сборник выполнен в виде выдвигного ящика. В случае необходимости вместо ящика можно подключить самотек, для которого на трубке, выводящем металломагнитные примеси, предусмотрен фланец.



Корпус 12 сепаратора выполнен в виде двух боковых алюминиевых стенок, соединенных между собой стяжками. Поперечный разъем корпуса позволяет монтировать электромагнитную систему. Дверки сзади и спереди корпуса открываются на шарнирах.

Электромагнитный барабан приводится во вращение от индивидуального электродвигателя через червячный редуктор и цепную передачу. Для изменения скорости вращения электромагнитного барабана предусмотрены сменные звездочки.

Пульт управления вмонтирован в переднюю стенку корпуса сепаратора. Слева на нем расположены кнопки включения и отключения привода и электромагнитной системы, справа — кнопки открытия и закрытия задвижки; в центре — переключатель режима работы сепаратора: либо автоматический, либо с ручным управлением.

Две горящие сигнальные лампы на пульте свидетельствуют о том, что электродвигатель привода барабана включен (верхняя) и включена электромагнитная система (нижняя).

Пульт управления 8 вмонтирован в переднюю стенку корпуса сепаратора.

### Техническая характеристика электромагнитного сепаратора А1-ДЭС

Производительность, кг/с . . . . .	5,6
Диаметр электромагнитного барабана, мм . . . . .	400
Рабочая ширина барабана, мм . . . . .	510
Частота вращения барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	22, 41
Напряженность магнитного поля, А/м . . . . .	80 000
Мощность привода, кВт . . . . .	0,6
Масса, кг . . . . .	800

**Электромагнитный сепаратор ЭМ-101** (рис. 6.42) состоит из устройств для подачи продукта, выделения металломагнитных примесей, очистки магнитных полюсов от примесей, охлаждения магнитов и привода.

Устройство для подачи продукта включает рифленый питающий валик 6, ворошитель 4, расположенные в приемной коробке 5, и заслонку 3. Толщину слоя продукта, поступающего на наклонный магнитный экран, регулируют заслонкой. Электромагнит состоит из 14 катушек 7, расположенных в четыре ряда и надетых на стальные сердечники. Два ряда верхних и два ряда нижних катушек соединены между собой последовательно.

Рабочая часть ползуна механизма 2 очистки магнитных полюсов от примесей выполнена из войлока и соединена с валиком, имеющим правую и левую нарезки. При его вращении ползун непрерывно движется вдоль экрана и перемещает металломагнитные примеси к концам экрана, где установлены ящики для сбора этих примесей.

Сепаратор приводится в действие от электродвигателя. Движение отдельным рабочим органам сообщается через зубчатую и клиноременную передачи. Механизм передачи 8 и натяжные ролики закрыты ограждениями 9.

Зерно или продукты его переработки подают в приемную коробку. Здесь они несколько разрыхляются ворошителем и питающим валиком направляются на магнитный экран. Металломагнитные примеси задерживаются на нем и подаются механизмом 2 в сборные ящики, откуда их периодически удаляют. Очищенный продукт с экрана поступает в вертикальный канал и далее через сборный конус в самотечную трубу. В вертикальном канале помещен перекидной клапан 1, позволяющий изменять направление движения потока продукта.

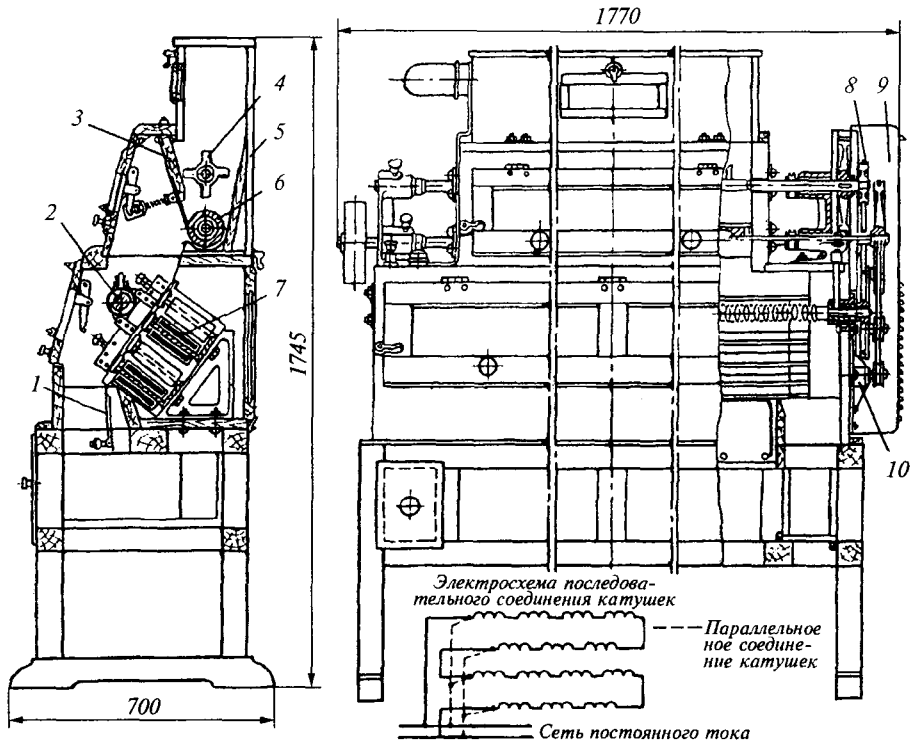


Рис. 6.42. Электромагнитный сепаратор ЭМ-101

В процессе работы магниты охлаждаются потоком воздуха от вентилятора, колесо которого смонтировано на валу 10. Для управления электродвигателем и его защиты предусмотрены магнитный пускатель и панель управления.

### Техническая характеристика электромагнитного сепаратора ЭМ-101

Производительность, кг/с . . . . .	1,4
Ширина магнитного поля, мм . . . . .	1080
Напряженность магнитного поля, А/м . . . . .	150 000
Потребная мощность, кВт:	
электропривода . . . . .	1,0
электромагнитов . . . . .	0,8
Масса, кг. . . . .	415

**Инженерные расчеты.** Силу притяжения  $P$  (Н) в сепараторах с постоянными магнитами можно определить по формуле

$$P = 4 \cdot 10^5 B^2 F,$$

где  $B$  — магнитная индукция, Т;  $F$  — площадь сечения полюса, м<sup>2</sup>.

Потребная сила притяжения  $P_{r \max}$  (Н) для выделения металломагнитных примесей в сепараторах с вращающимся барабаном равна

$$P_{r \max} = (G/\sin\varphi) + P_{ц},$$

где  $G$  — сила тяжести притягиваемой частицы, Н;  $\omega$  — угловая скорость вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ ;  $P_{\text{ц}} = m\omega^2 r$  — центробежная сила, действующая на частицу, Н;  $m$  — масса частицы, кг;  $\varphi$  — угол, определяющий положение частицы на барабане в зоне намагничивания, град;  $r$  — радиус барабана, м.

Производительность магнитного сепаратора  $\Pi$  (т/ч)

$$\Pi = 10^{-3} B h \nu \rho,$$

где  $B$  — ширина рабочей зоны магнитного экрана, м;  $h$  — толщина слоя, м;  $\nu$  — скорость транспортирования продукта, м/ч;  $\rho$  — плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ .

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Механизм отделения крупных и мелких примесей от зерна, виды и свойства примесей определяют способ очистки и сепарирования зерна с учетом факторов, влияющих на интенсивность процесса очистки сырья.*

*2. Классификация зерноочистительных машин и описание устройства и принципа действия их основных типов позволяют правильно выбрать необходимый вид машины и наиболее рационально организовать процесс очистки зерна в зависимости от его свойств.*

*3. Факторы, влияющие на производительность зерноочистительных машин и энергоёмкость процесса сепарирования, в значительной мере определяют режимы эксплуатации, ремонта и обслуживания зерноочистительных машин, что способствует определению основных направлений повышения эффективности их работы.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По каким признакам осуществляется очистка зерновых в зерноочистительных сепараторах?
2. В чем заключается основное условие просеивания?
3. Почему необходимо уравновешивать решетчатые станы зерноочистительных сепараторов? Какие способы уравновешивания Вы знаете?
4. Из каких стадий состоит процесс сепарирования движущегося по сити сыпучего продукта?
5. В чем заключается сущность пневмосепарирования сыпучих продуктов?
6. Каково устройство и принцип работы зерноочистительного сепаратора?
7. Каким образом определяется предельная частота вращения кривошипа, приводящего сито в колебательное движение?
8. Каковы регулируемые параметры камнеотделительных машин и порядок их установки?
9. По какому признаку триеры классифицируются на тихоходные и быстроходные?
10. От каких факторов зависит угол подъема зерна ячейкой триера?
11. Каково устройство и принцип действия дискового триера?
12. Каков принцип разделения зерновой смеси по длине вращающимися ячеистыми поверхностями?
13. Какие факторы влияют на производительность и эффективность работы триеров?
14. Какие виды магнитов применяют в магнитных сепараторах?
15. Как рассчитать производительность магнитного сепаратора?
16. Каково устройство и принцип действия сепаратора У1-БММ?
17. Как определить технологическую эффективность воздушного сепаратора?
18. Каковы регулируемые параметры воздушного сепаратора РЗ-БАБ и порядок их установки?
19. Какие требования предъявляют к эффективности очистки в воздушном сепараторе?
20. Каким образом протекает технологический процесс в воздушном сепараторе РЗ-БСД?

## Глава 7

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИНСПЕКЦИИ, КАЛИБРОВАНИЯ И СОРТИРОВАНИЯ ШТУЧНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

В этой главе приведено научное обеспечение протекающих в оборудовании процессов, классификация и описание основных видов оборудования для инспекции, калибрования и сортирования штучного сельскохозяйственного сырья. Эти машины определяют разделение плодов и овощей на партии приблизительно одинакового гранулометрического состава, что позволяет при дальнейшей обработке обеспечить равномерное и качественное протекание последующих стадий обработки пищевого сырья.

Приведенные методики инженерных расчетов позволяют выявить основные факторы, влияющие на эффективность протекания процессов в этих машинах и указать перспективные направления совершенствования их конструкций.

*Инспекция* — удаление загнивших и поврежденных плодов и овощей, а также посторонних примесей и предметов.

*Калибрование* — разделение продукта на группы с приблизительно одинаковыми размерами по форме и массе.

*Сортирование* — разделение продукта на группы приблизительно одинакового качества и степени зрелости.

### 7.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНСПЕКЦИИ, КАЛИБРОВАНИЯ И СОРТИРОВАНИЯ ШТУЧНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

В основу инспекции, калибрования и сортирования штучного сельскохозяйственного сырья положено различие его технологических свойств. Так, при созревании зеленого горошка, кукурузы, арбузов и т.д. меняется их плотность. Это свойство и используется при сортировке в гидравлических классификаторах. При сортировании и калибровании семенных смесей учитывают различие в коэффициентах трения, упругости.

Одновременно с сортированием проводят инспекцию сырья, при которой удаляют дефектные экземпляры (загнившие, поврежденные, битые, заплесневелые, сильно загрязненные), посторонние примеси и предметы, а также вырезают поврежденные участки.

К рассортированным овощам, картофелю и плодам можно применять определенные режимы тепловой и механической обработки с учетом их размеров и степени зрелости. Это позволяет избежать развариваемости сырья при бланшировании, повышенных отходов при механической очистке сырья разного размера, например на дочистке картофеля, корнеплодов, лука.

## 7.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Факторы, перечисленные в § 7.1, определяют классификацию оборудования на инспекционные, калибровочные и сортировочные машины (рис. 7.1). Выбор конкретного типа машины зависит от сортируемого сырья и технологической задачи.

Калибрование плодов и овощей осуществляется на калибровочных устройствах различных типов.

Принцип работы многих калибровочных машин основан на перемещении калибруемого продукта вдоль щели переменного сечения, причем конструктивные решения этой идеи весьма разнообразны.

Самый простой путь — когда продукт медленно продвигается по наклонному колеблющемуся сити с отверстиями переменного сечения.

Несколько видоизменив это решение, т.е. выполнив из сетки переменного сечения цилиндрический барабан и сообщив ему вращательное движение, придем к барабанной калибровочной машине.

Другой путь — стационарная щель переменного сечения; продукт перемещается вдоль нее. В машинах, реализующих эту идею, щель создается работающими в паре рабочими органами и зависит от их относительного положения. Различаются эти машины видом калибровочного устройства.

Существующие калибраторы по конструкции калибровочных устройств разделяются на следующие типы: барабанные, ленточные, шнековые, вибрационные, дисковые, валиковые, тросовые, весовые и комбинированные.

**Тросовое калибровочное устройство** (рис. 7.2) состоит из двух движущихся непараллельно расходящихся тросов. Продукт выпадает на транспортер при условии  $s > d$ . Тросовая калибровочная машина имеет шесть пар тросов. Сверху показано положение плода, когда он лежит на движущихся тросах, расстояние между центрами которых меньше размера плода. Когда расстояние между тросами превышает диаметр плода, плод падает в сборник.

**Шнековое калибрующее устройство** (рис. 7.3) состоит из вращающихся в противоположные стороны двух шнеков, имеющих постоянный шаг и уменьшающийся диаметр. Щель в форме набора сферических поверхностей возрастающего радиуса обеспечивает ориентирование продукта шаровидной формы.

**Ступенчатое калибровочное устройство** (рис. 7.4) состоит из двух вращающихся в противоположных направлениях валиков. Для обеспечения поступательного движения калибруемого продукта валики можно наклонить на угол до  $15^\circ$ . Комплект, состоящий из пяти пар ступенчатых или шнековых валиков разных размеров, обеспечивает калибровку плодов и овощей, различных по форме и величине.

**Конусное калибровочное устройство** (рис. 7.5) состоит из двух вращающихся навстречу друг другу гладких конических валиков. Калибрующий эффект обеспечивается двумя коническими валиками, расстояние между которыми постоянно увеличивается.

Последовательная установка калибровочных устройств позволяет калибровать по двум размерам: не только по толщине, но и по длине, что требуется при калибровке огурцов.

**В валико-ленточных калибровочных устройствах** (рис. 7.6) отверстие образуется между параллельно смонтированным вращающимся ступенчатым валиком и наклонно смонтированным ленточным транспортером. Оно состоит из вращающегося вокруг оси ступенчатого валика и расположенного к нему под углом  $35^\circ$  ленточного транспортера.

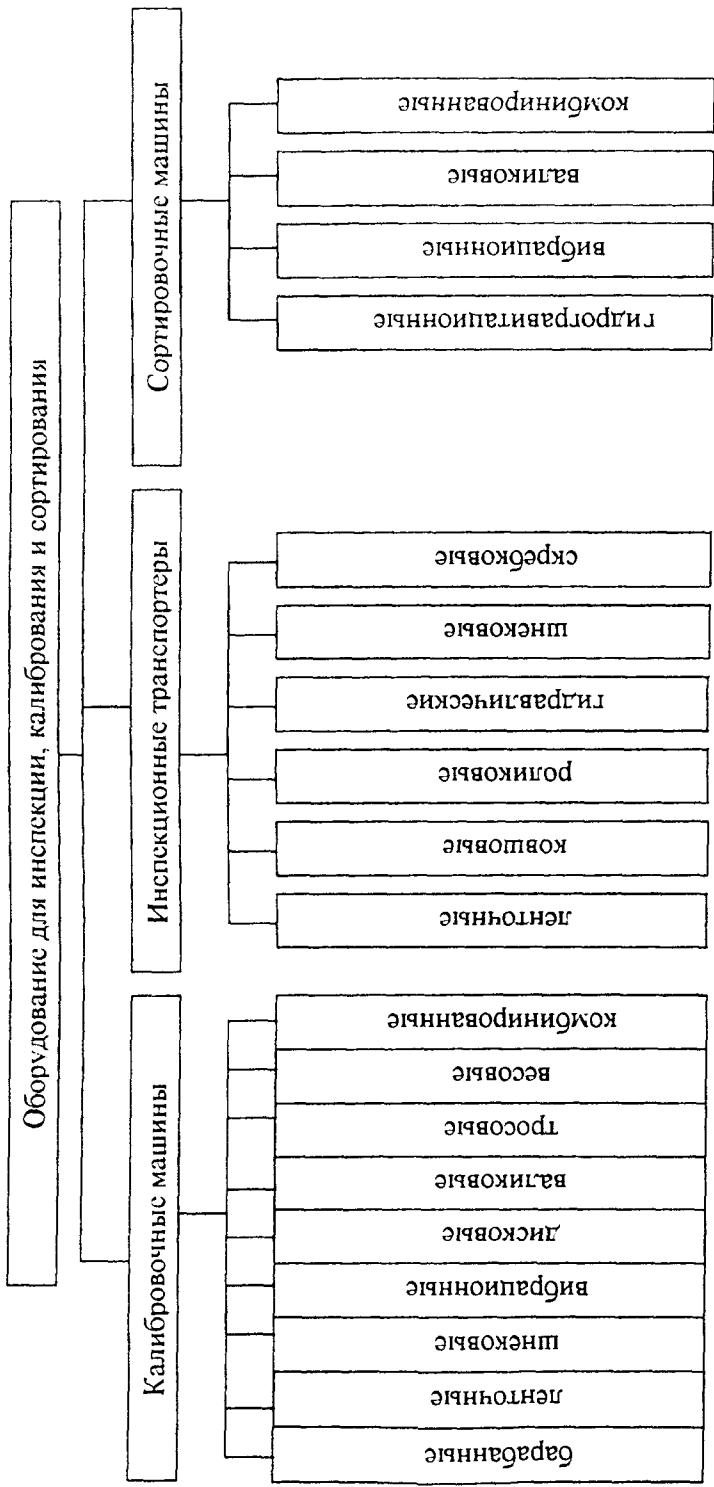


Рис. 7.1. Классификация оборудования для инспекции, калибрования и сортирования

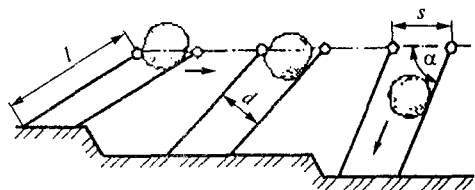


Рис. 7.2. Тросовое калибровочное устройство

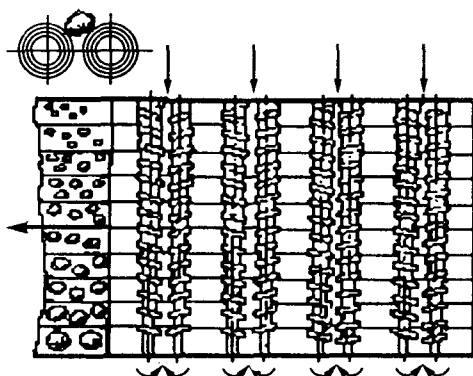


Рис. 7.3. Шнековое калибровочное устройство

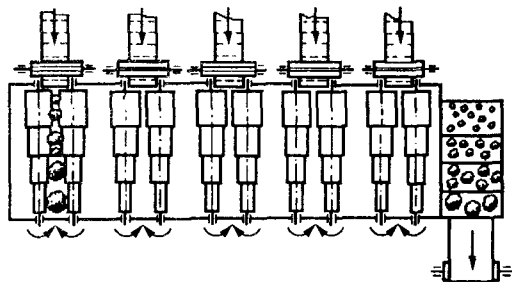


Рис. 7.4. Ступенчатое калибровочное устройство

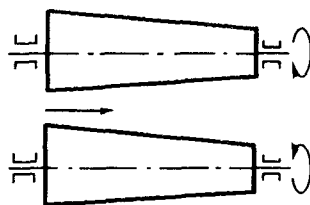


Рис. 7.5. Конусное калибровочное устройство

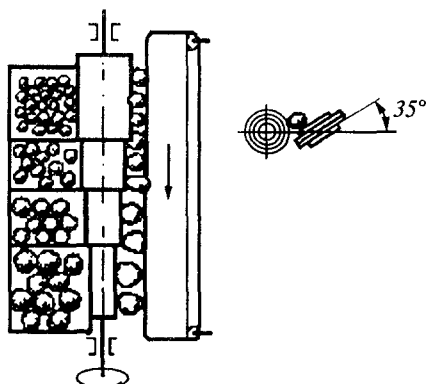


Рис. 7.6. Валико-ленточное калибровочное устройство

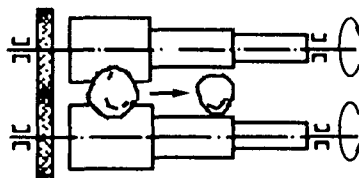


Рис. 7.7. Валиковое калибровочное устройство

**В валиковых калибровочных устройствах (рис. 7.7) отверстие образуется между двумя параллельно смонтированными вращающимися ступенчатыми валиками.**

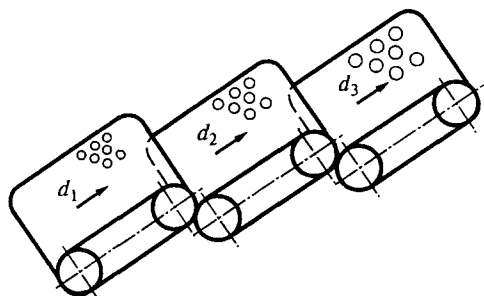


Рис. 7.8. Ленточное калибровочное устройство

**Ленточные калибровочные устройства** (рис. 7.8) представляют собой последовательно смонтированные под наклоном ленточные транспортеры с отверстиями разных диаметров. Продукт, попадая на ленте транспортера в отверстия своего диаметра, разделяется на 3 группы. Вместо ленты могут использоваться вибрационные полотна или одно полотно, разделенное по ширине на зоны с различными отверстиями.

Валико-ленточные машины получили наибольшее распространение в пищевой промышленности. Они применяются для калибровки шарообразных плодов, таких, как яблоки, сливы, абрикосы, персики, томаты и лук. Благодаря наклону ленты плоды в один ряд скатываются в зазор между валиком и переносятся лентой транспортера вдоль зазора, который расширяется из-за ступенчатости валика. По мере расширения зазора продукт выпадает в один из отсеков, на которые разделен перегородками стол.

**Вибрационные калибровочные устройства** (рис. 7.9) применяются для калибровки картофеля и других твердых плодов.

**Барабанные калибровочные машины** (рис. 7.10) представляют собой вращающиеся барабаны с отверстиями на поверхности. Ось барабанов может быть наклонена к горизонтали, а внутри приварена винтовая направляющая для более равномерного распределения продукта по сетчатому цилиндру. Поверхность разделена на зоны с отверстиями возрастающих размеров, имеющих различную форму: круглую, овальную. Плод попадает в отверстия барабана и падает в сборный лоток, а затем отводится на дальнейшую переработку. Более крупные плоды попадают на следующий барабан и т. д.

Барабанные калибровочные машины предназначены для разделения овощей и плодов, в основном имеющих твердую консистенцию, например картофеля на несколько размеров.

Разновидностью барабанных калибровочных машин являются параллельно смонтированные вращающиеся перфорированные барабаны 3, между которыми имеется плоская наклонная поверхность 2. Плод попадает в отверстия барабана и падает в сборный лоток 1 внутри барабана, а затем отводится на дальнейшую переработку. Более крупные плоды попадают на следующий барабан и т. д. Сетчатые барабаны медленно поворачиваются с частотой не более  $1,2 \text{ с}^{-1}$ .

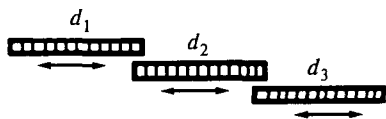


Рис. 7.9. Вибрационное калибровочное устройство

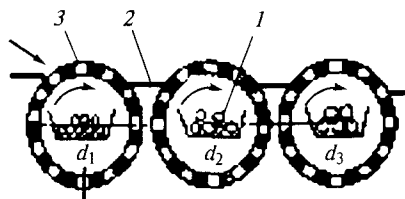


Рис. 7.10. Схема барабанного калибровочного устройства



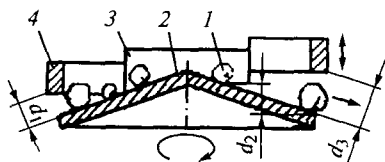


Рис. 7.11. Дисковое калибровочное устройство

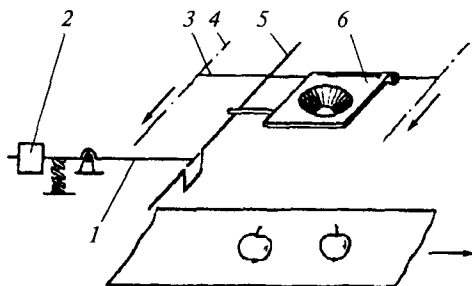


Рис. 7.12. Схема весового калибровочного устройства со стационарными весовыми механизмами

Однако барабанные калибровочные машины нельзя применять для плодов, имеющих мягкую и нежную консистенцию (вишен, слив, помидоров и т.п.), из-за больших повреждений продукта.

**Дисковые калибровочные устройства** (рис. 7.11) состоят из вращающегося корпусного диска 2 и продолговатых ребер 3 и 4, расположенных над диском так, что образуют отверстия диаметром  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d_3$ . Размеры отверстий могут регулироваться изменением положения ребер над поверхностью диска.

Плод 1, попадая на поверхность диска гравитационно и под действием центробежной силы, образующейся при вращении диска, выталкивается в отверстия между ребром и поверхностью диска.

**В весовых калибровочных машинах** калибрующее устройство состоит из приемной чаши и весового механизма.

В зависимости от принципа действия весового устройства весовые калибровочные машины подразделяются на два типа.

В машинах первого типа (рис. 7.12) чаша 6 крепится шарнирно к двухцепному транспортеру 4. Вдоль транспортера стационарно установлены весовые устройства в виде двухплечного рычага с грузом 2 на одном конце и ножом 1 — на другом. При движении опорный палец 3 чаши 6 скользит по направляющей 5. В разрывах направляющей 5 помещены ножи 1 весового устройства. Если момент силы, создаваемый чашей с плодом, превысит момент груза, нож вместе с пальцем опускается, чаша опрокидывается, плод выпадает в приемник.

В машинах второго типа (рис. 7.13) весы и чаша объединены в один подвижной узел, выполненный в виде рычага коромысла. Груз неподвижной направляющей перемещается по рычагу, создавая переменный уравновешивающий момент, и при достижении определенного соотношения чаша опрокидывается, плод выпадает в лоток. Вдоль неподвижной направляющей установлены лотки для откалиброванного продукта. Угол, под которым располагается направляющая, определяется из расчета  $\alpha = \arctg a/L$ , где  $L$  зависит от количества фракций, на которые нужно разделить плоды.

Весовые калибраторы обеспечивают высокую производительность и универсальность деления сырья на партии.

Весовые калибровочные устройства пригодны для калибровки плодов любой геометрической формы: плоской, округлой, шарообразной и удлиненной. Кроме того, их производительность теоретически не ограничена.

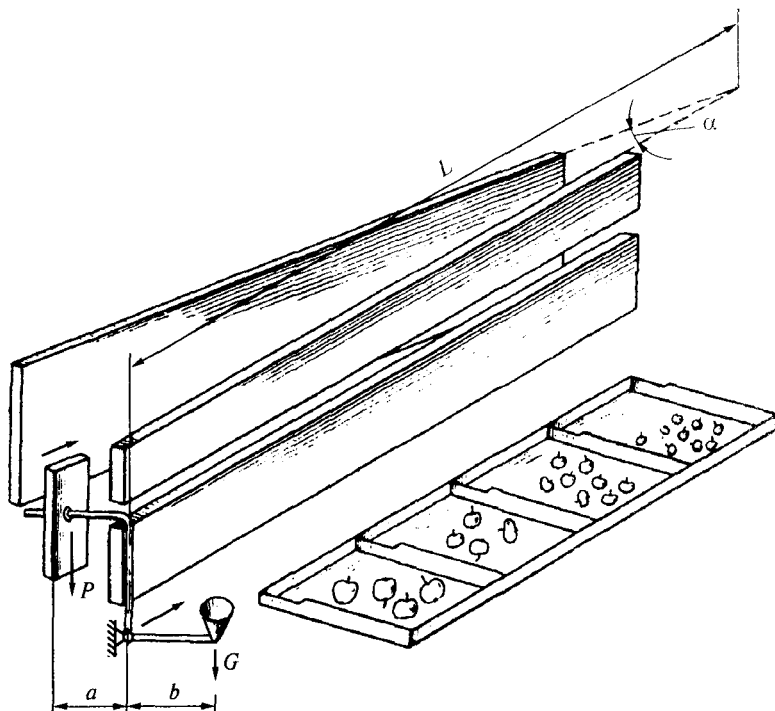


Рис. 7.13. Схема весового калибровочного устройства с перемещающимся весовым механизмом

**Инспекционное оборудование.** Инспекцию проводят иногда на столах, а в большинстве случаев выполняют вручную на полотне ленточных или роликовых транспортеров, по которым движется сырье в один слой, так как при многослойной загрузке верхние плоды закрывают нижние и их трудно осмотреть. Работники располагаются с обеих сторон транспортера через каждые 0,8...1,2 м, отбирают негодные экземпляры и сбрасывают их в специальные сборники (карманы) для отходов. доброкачественное сырье остается на ленте транспортера и после ополаскивания из душа передается на дальнейшую переработку.

Нормальные условия работы обеспечиваются при скорости движения ленты 0,08...0,10 м/с, равномерной загрузке ленты сырьем в один слой и хорошей освещенности помещения. При большой скорости движения ленты транспортера трудно контролировать качество сырья и правильно сортировать его.

### 7.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИНСПЕКЦИИ ПИЩЕВОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Инспекционные ленточные транспортеры** состоят из каркаса и прорезиненной ленты шириной 0,6...0,8 м, натянутой между двумя барабанами. По сторонам транспортера имеются спуски для удаления отходов. Отходы собираются в приемках и перемещаются гидравлическими, скребковыми, шнековыми, ковшовыми транспортерами или насосами в сборники для утилизации или для вывоза за пределы цеха. Иногда вместо прорезиненной ленты применяют металлическую сетку. На таком транспортере вода не задерживается, что создает определенные удобства при работе. После сортировки сырье промывается водой из душа.

Для сортировки и инспекции овощей и плодов применяют также роликовые транспортеры. Рабочее полотно такого транспортера состоит из медленно вращающихся роликов. Благодаря этому плоды и овощи поворачиваются во время продвижения, что помогает их осмотреть со всех сторон.

Для визуальной инспекции и ополаскивания водой овощей и фруктов в технологических линиях предусмотрены конвейеры инспекционные ленточные Т1-КИ2Т, роликовые КТО и КТВ, сортировочно-инспекционные ТСИ и др.

**Конвейер инспекционный ленточный Т1-КИ2Т** (рис. 7.14) предназначен для инспекции и сортировки овощей и фруктов.

Горизонтальная часть конвейера соединяется с элеватором с помощью болтов. При необходимости она может использоваться в работе самостоятельно. Горизонтальная часть включает переднюю стойку, две промежуточные секции и натяжную стойку. Такая конструкция позволяет (при необходимости) удалить одну из промежуточных секций и укоротить конвейер на 2 м. Рабочим органом горизонтальной части конвейера является транспортерная лента 1 с бортами по бокам.

На горизонтальной части укреплено шесть карманов 3 для сброса некондиционного продукта. Для централизованного удаления некондиционного продукта используется нерабочая часть нижней ветви конвейера.

На задней стойке конвейера установлен под углом отражатель, который направляет отходы продукта в боковое окно промежуточной секции. Для загрузки продукта на задней стойке укреплен бункер 2.

Элеватор представляет собой наклонный транспортер, полотно которого состоит из дюралюминиевых пластин, размещенных на специальных цепях. Для ополаскивания продукта на элеваторе укреплено душевое устройство 5. Для санитарной обработки элеватора на боковине его имеются два штуцера.

Привод конвейера состоит из электродвигателя 4 и червячного редуктора, закрепленных рядом с конвейером на отдельной раме. Передача от привода к конвейеру осуществляется с помощью цепной передачи.

Продукт из лотка предыдущей машины или из ящиков засыпается в бункер 2. Толщина слоя продукта регулируется специальной заслонкой. Отобранный вручную с транспортерной ленты некондиционный продукт сбрасывается в карманы 3 и попадает на нижнюю ветвь ленты, а с нее — в ящики или другую тару. Оставшийся на ленте продукт попадает на полотно элеватора, где ополаскивается водой из душевого устройства 5, и через разгрузочный лоток подается в следующую машину.

Техническая характеристика инспекционного ленточного конвейера Т1-КИ2Т приведена в табл. 7.1.

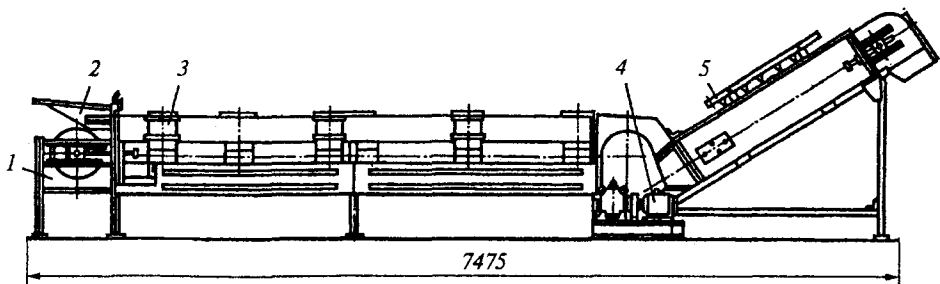


Рис. 7.14. Ленточный инспекционный конвейер Т1-КИ2Т

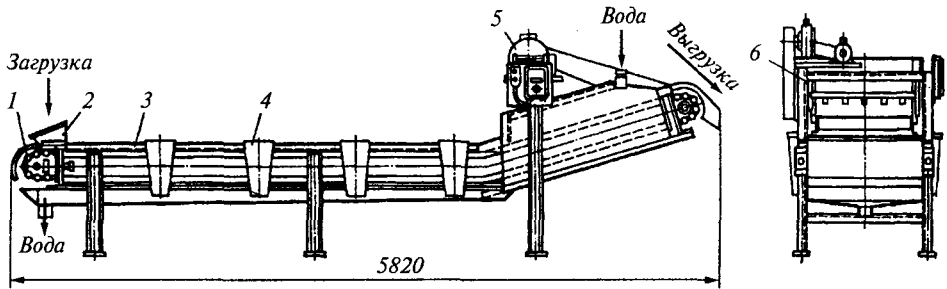


Рис. 7.15. Инспекционный роликовый конвейер КТВ

**Конвейеры инспекционные роликовые КТО и КТВ** (рис. 7.15) предназначены для инспекции и сортировки плодов и ягод.

Конвейеры аналогичны по конструкции и состоят из каркаса 3, транспортерного полотна 1, загрузочного бункера 2, карманов 4 и душевого устройства 6.

Каркас конвейера представляет собой сварную конструкцию из уголков и швеллеров. На каркасе укреплены подшипники ведущего и натяжного валов со звездочками. Звездочки перемещают тяговую цепь с транспортерным полотном, выполненную из дюралюминиевых роликов диаметром 70 мм.

При движении полотна ролики перекатываются по резиновым направляющим, заставляя поворачиваться находящийся на них продукт, что обеспечивает лучшие условия инспекции. Транспортерное полотно по бокам ограничивается дюралюминиевыми бортами, предотвращающими попадание продукта на цепь.

На полотно продукт поступает через загрузочный бункер с заслонкой, регулирующей толщину слоя продукта. Для удаления отходов по длине конвейера с обеих сторон расположены специальные карманы.

Продукт, прошедший инспекцию, ополаскивается водой из душевого устройства, установленного над наклонной частью конвейера. Выгрузка продукта производится через регулируемый по высоте лоток.

Привод 5 конвейера осуществляется от электродвигателя через редуктор, клиноременную и цепную передачи.

В случае перестройки технологической линии конструкция конвейера КТО предусматривает возможность установки и перекатывания его на катках.

Техническая характеристика инспекционных роликовых конвейеров КТО и КТВ приведена в табл. 7.1.

**Конвейер сортировочно-инспекционный ТСИ** (рис. 7.16) предназначен для сортировки плодов и ягод на два вида в три емкости, а также для их инспекции.

Привод транспортера осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор и цепную передачу.

При использовании транспортера в качестве сортировочного он снабжается съемными желобами и лотком из нержавеющей стали. В этом случае разгрузка производится одновременно в три емкости.

При использовании транспортера в качестве инспекционного желоба могут сниматься и разгрузка осуществляется только в одну емкость.

Для передвижения транспортер снабжен колесами на резиновом ходу. Высота ленты над уровнем транспортера может регулироваться.

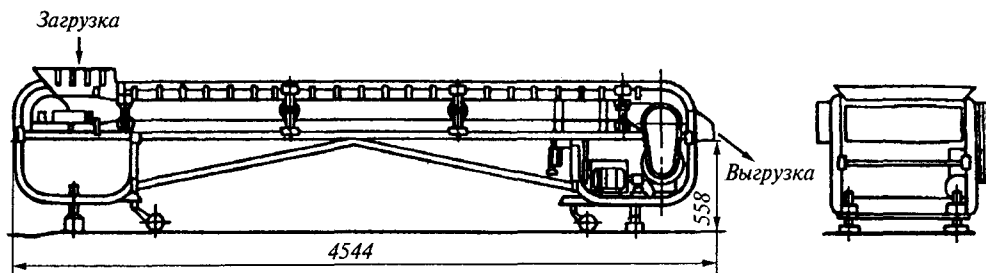


Рис. 7.16. Сортировочно-инспекционный транспортер ТСИ

Техническая характеристика сортировочно-инспекционного конвейера ТСИ приведена в табл. 7.1.

Таблица 7.1 Техническая характеристика инспекционных конвейеров

Показатель	Т1-КИ2Т	КТО	КТВ	ТСИ
Производительность, т/ч	10	3	10	1,5
Скорость движения ленты, м/с	0,15	0,12	0,163	0,10
Ширина ленты, мм	800	550	900	800
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	10	3	10	—
Мощность электродвигателя, кВт	1,1	0,6	1,1	0,6
Габаритные размеры, мм	7475×1475× 1975	4250×1212× ×1700	5820×1445× 1850	4544×1142 ×948
Масса, кг	1140	694	904	552

**Инженерные расчеты.** Производительность инспекционных ленточных транспортеров для сыпучих продуктов  $\Pi$  (т/ч)

$$\Pi = K(0,9 - 0,05)B^2v\rho_m c,$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий влияние угла естественного откоса продукта;  $B$  — ширина ленты, м;  $v$  — скорость движения ленты, м/с;  $\rho_m$  — насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup>;  $c$  — коэффициент, учитывающий влияние угла наклона транспортера  $\beta$  к горизонтали.

Производительность транспортера для штучных продуктов  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = 3,6Gv/a,$$

где  $G$  — масса штучного груза, кг;  $a$  — расстояние между грузами на ленте, м.

Мощность электродвигателя конвейера  $N$  (кВт)

$$N = [(k_1vL_T + 0,00014\Pi L_T \pm 0,0024\Pi H)k_2] / \eta_{пр},$$

где  $L_T$  — длина транспортера по горизонтали, м;  $H$  — высота подъема груза, м;  $\eta_{пр}$  — КПД привода;  $k_1$  — коэффициент, зависящий от ширины ленты;  $k_2$  — коэффициент, зависящий от длины транспортера.

## 7.4. КАЛИБРОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Универсальная калибровочная машина (рис. 7.17) со сменными рабочими органами предназначена для калибровки почти всех видов плодов и овощей.

Машина состоит из станины 1, загрузочного устройства 5, калибровочной головки 2, сборников 8 для вывода продукта из машины и привода 6. Привод включает в себя электродвигатель, червячный редуктор и цепные передачи, вращающие ступенчатые валики или шнеки.

В калибровочной головке расположено пять пар ступенчатых валиков 7, вращающихся навстречу друг другу. Продукт поступает в пять потоков, что значительно повышает производительность машины.

Комплект, состоящий из ступенчатых и шнековых валиков разных размеров, калибрует плоды и овощи, различающиеся по форме и размеру. Подача продукта в калибровочную головку осуществляется вращающимися сбрасывателями 3, установленными над пятью наклонными ленточными транспортерами 4. В зависимости от формы продукта ступенчатые валики можно наклонить на угол до  $18^\circ$ , обеспечивая при этом поступательное движение продукта.

Из калибровочной головки плоды выпадают в сборники 8. По мере заполнения сборников плоды одного размера ленточным транспортером 9 направляют на дальнейшую переработку.

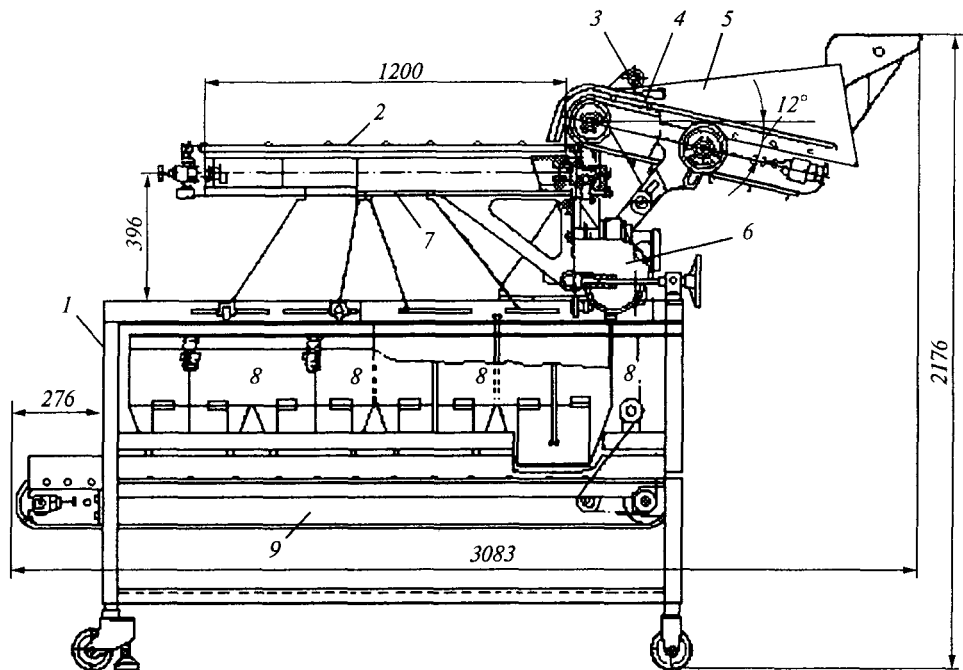


Рис. 7.17. Универсальная калибровочная машина

### Техническая характеристика универсальной калибровочной машины

Производительность машины, кг/ч. . . . .	1000...1400
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> (с <sup>-1</sup> ):	
ступенчатых валиков . . . . .	38 (3,8)
шнековых . . . . .	55 (5,5)
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1
Габаритные размеры, мм . . . . .	3038×1792×2176
Масса, кг. . . . .	1190

**Калиброватель А9-ККБ** (рис. 7.18) предназначен для калибровки почти всех видов плодов и овощей. Машина состоит из станины 1, узла калибровки 2, фракционного транспортера 3, транспортера отходов 4, элеватора 5 и привода 6. Узел калибровки 2 состоит из роликовой калибровочной цепи и копира, который регулирует зазор между роликами на различных участках калибрователя. Рабочая ветвь ленточного полотна фракционного транспортера 3 разделена перегородками, отделяющими одну фракцию от другой. Элеватор 5 имеет загрузочный бункер и транспортерную ленту с резиновыми скребками для равномерной загрузки сырьем калибровочной машины.

Машина работает следующим образом. Сырье засыпается в бункер элеватора, а оттуда скребковым транспортером подается на калибровочное полотно.

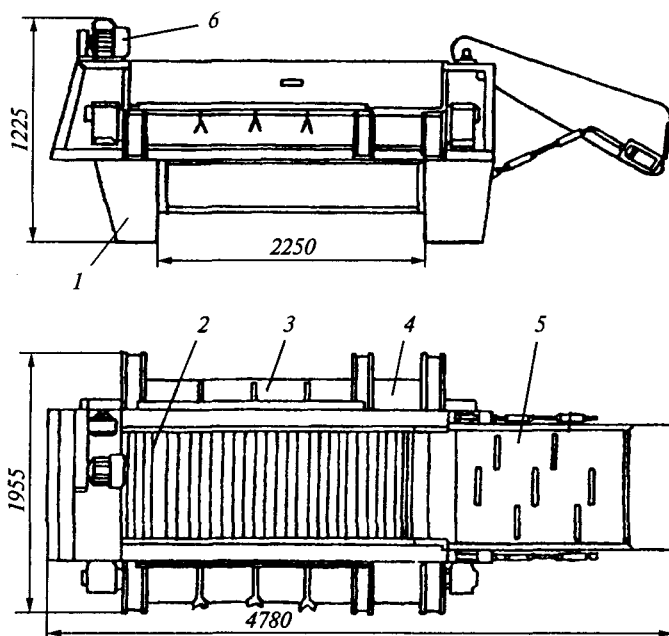


Рис. 7.18. Калиброватель А9-ККБ

На первом участке калибровки проводится ориентация продолговатых овощей или фруктов осью вдоль роликов калибровочной цепи и удаление отходов, имеющих размеры меньше минимальных. Эти отходы проваливаются в зазоры между роликами и удаляются транспортером отходов 4. На втором участке калибровки ролики постепенно раздвигаются, зазор между ними увеличивается, овощи или плоды проваливаются в эти зазоры, делясь на определенные фракции по размерам, и удаляются из машины фракционным транспортером 3.

### Техническая характеристика калибратора А9-ККБ

Производительность машины, кг/ч . . . . .	до 3000
Скорость движения калибрующей цепи, м/с . . . . .	0,15...0,21
Длина, мм:	
калибрующего участка . . . . .	1700
отсортировывающего участка . . . . .	400
Диаметр ролика, мм . . . . .	75
Длина ролика, мм . . . . .	900
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	2,2
Габаритные размеры, мм . . . . .	4780×1955×1725
Масса машины, кг . . . . .	2125

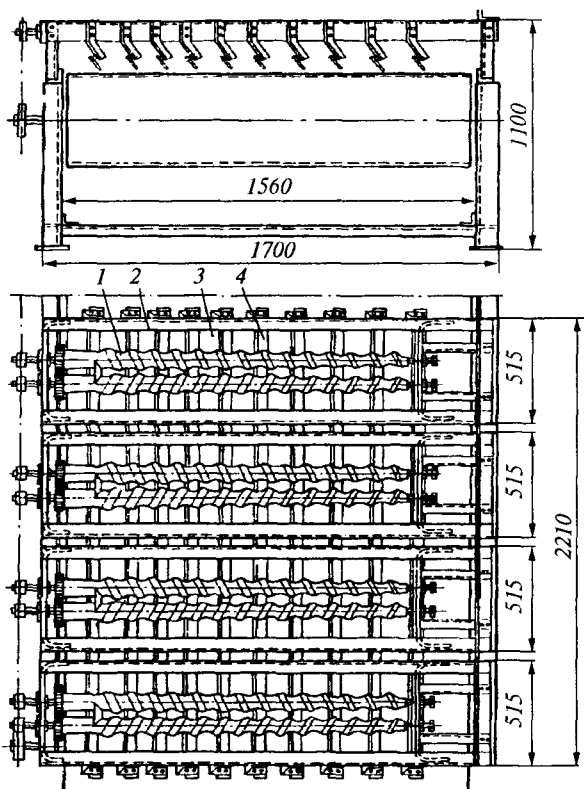


Рис. 7.19. Шнековый калибратор

**Шнековый калибратор** (рис. 7.19) предназначен для калибровки плодов шаровой формы. Калибровка плодов в нем осуществляется двумя вращающимися в противоположные стороны шнеками с постоянным шагом и уменьшающимся диаметром. Четыре пары калибрующих шнеков 1 смонтированы на станине 2.

Под калибрующими шнеками расположен ленточный транспортер 3, разделенный перегородками 4 на десять ручьев. Продукт в зависимости от размера попадает в один из ручьев и удаляется транспортером 3 к месту дальнейшей переработки. Диаметр вала в каждом последующем витке шнека 1 отличается от диаметра вала в предыдущем витке на 5 мм, поэтому диаметр плодов в каждом ручье ленточного транспортера также отличается на 5 мм.



**Техническая характеристика шнекового калибратора**

Производительность, кг/ч (кг/с) . . . . .	600...1000 (0,17...0,28)
Частота вращения калибрующих шнеков, с <sup>-1</sup> . . . . .	5,65
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	0,7
Количество фракций, шт. . . . .	до 10
Габаритные размеры, мм . . . . .	2210×1700×1100
Масса, кг. . . . .	470

**Инженерные расчеты.** Производительность валикового калибратора  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = v\varphi gz/d,$$

где  $v$  — скорость движения транспортера, м/с;  $\varphi$  — коэффициент использования производительности транспортера ( $\varphi = 0,60 \dots 0,65$ );  $g$  — средняя масса плода, кг;  $z$  — число ручьев транспортера (пар тросов), шт.;  $d$  — средний диаметр плода, м.

Производительность шнековых калибраторов  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = \varphi F v \rho,$$

где  $\varphi$  — коэффициент заполнения;  $F$  — площадь поперечного сечения продукта в машине, м<sup>2</sup>;  $v$  — скорость движения продукта, м/с;  $\rho$  — плотность калибруемого продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность электродвигателя  $N$  (кВт) калибраторов

$$N = (\mu/\eta_m)(K_1 v L + 0,0055 \Pi g L + \Pi g H) K_2,$$

где  $\mu$  — коэффициент, зависящий от нагрузки транспортера;  $\eta_m$  — КПД передающего механизма;  $K_1$  — коэффициент, зависящий от ширины транспортера;  $g$  — ускорение свободного падения, 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $L$  — длина транспортера, м;  $H$  — высота подъема, м;  $K_2$  — коэффициент, зависящий от длины транспортера.

### 7.5. МАШИНЫ ДЛЯ СОРТИРОВАНИЯ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ

**Машина для сортировки салаки** (рис. 7.20) предназначена для сортировки на четыре размерные группы (длиной до 70 мм, от 70 до 90 мм, от 90 до 110 мм и свыше 110 мм) и состоит из станины 1, привода 2, сита 3, питателя 4 и оросителя 5.

В нижней части станины крепится приемник 6, представляющий собой наклонный лоток, разделенный тремя передвижными перегородками на четыре отсека. В каждый отсек приемника поступает отсортированная рыба одного размера.

Сито машины приводится от индивидуального электродвигателя 7 через клиноременную передачу 8, эксцентриковый вал 9 и два эксцентрика 10 с тягами, сообщающими ситу колебательное движение.

Сито — главная часть машины, представляющая собой набор нержавеющей труб 11 диаметром 31 мм с полированной поверхностью. Трубы снабжены вертикальными пальцами, обеспечивающими разворот рыбы вдоль сита, и имеют по концам бошки для крепления к гребенкам.

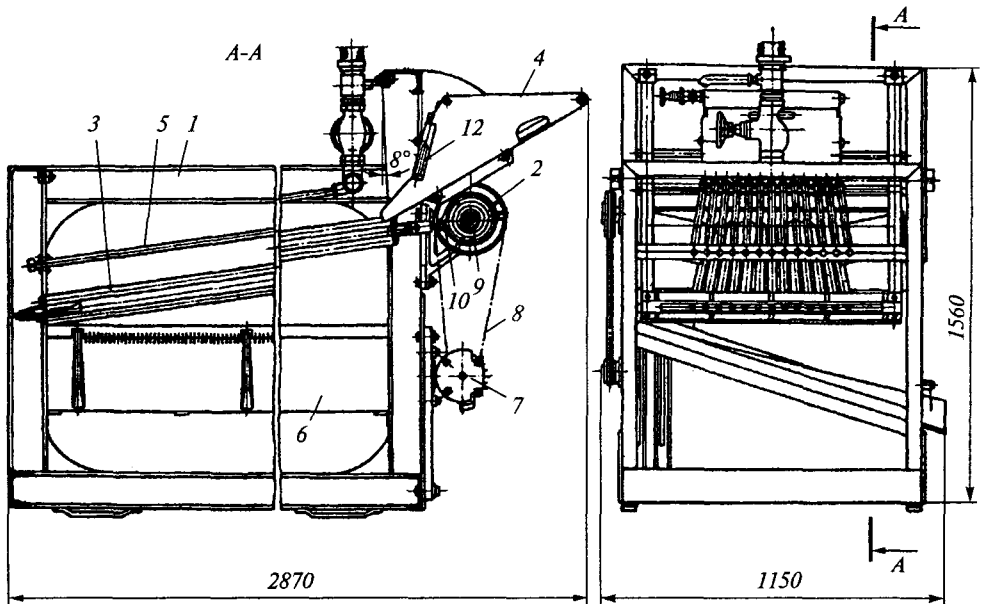


Рис. 7.20. Машина для сортировки салаки

Гребенки поставляются сменными с различным шагом, что позволяет регулировать зазор между трубами. Они подвешиваются к станине с помощью четырех пластинчатых пружин, причем все сито располагается наклонно под углом  $8^\circ$  к горизонтальной плоскости.

Трубы в гребенках устанавливают веерообразно и расстояние между ними постепенно увеличивают к нижней части сита.

Питатель 4, расположенный в передней части станины, представляет собой наклонный лоток с гофрированным днищем. В передней его части укреплен барботер для смачивания рыбы. Угол наклона питателя можно менять от  $28$  до  $35^\circ$ . Для регулировки количества рыбы, подаваемой на сито, питатель имеет заслонку 12, которую можно передвигать в вертикальном направлении.

Ороситель 5, предназначенный для орошения рыбы водой, состоит из тринадцати перфорированных труб диаметром 13 мм и крепится над ситом.

Машина работает следующим образом: рыба из питателя попадает на колеблющееся сито и, обильно орошаясь водой, сползает вдоль него. По мере увеличения зазора между трубами рыба (сначала более мелкая) проваливается в соответствующий отсек приемника.

#### Техническая характеристика машины для сортировки салаки

Производительность, шт/мин . . . . .	до 600
Частота колебаний сита, кол/мин . . . . .	550
Величина эксцентриситета, мм . . . . .	5,5
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	0,6
Габаритные размеры, мм . . . . .	2870×1150×1560
Масса, кг. . . . .	600

**Инженерные расчеты.** Расход воды на орошение сита  $W_1$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$W_1 = z_1 f_1 \mu \sqrt{2gH},$$

где  $z_1$  — количество отверстий в оросительных трубах, шт.;  $f_1$  — площадь одного отверстия в оросительной трубе,  $\text{м}^2$ ;  $\mu$  — коэффициент расхода;  $H$  — напор воды, м;  $g$  — ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Расход воды на смачивание рыбы в питателе  $W_2$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$W_2 = z_2 f_2 \mu \sqrt{2gH},$$

где  $z_2$  — количество отверстий в трубе питателя, шт.;  $f_2$  — площадь одного отверстия в трубе питателя,  $\text{м}^2$ ;  $\mu$  — коэффициент расхода;  $H$  — напор воды, м;  $g$  — ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Общий расход воды  $W$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$W = W_1 + W_2.$$

Мощность электродвигателя  $N_3$  (кВт)

$$N_3 = 0,1835 \cdot 10^{-6} n^3 r^2 M f / \eta_{\text{пр}},$$

где  $n$  — скорость вращения эксцентрикового вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $r$  — величина эксцентриситета, м;  $M$  — масса сита и рыбы, кг;  $f$  — коэффициент трения рыбы по стальным трубам;  $\eta_{\text{пр}}$  — КПД привода.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Конструкции машин для инспекции, калибрования и сортирования штучного сельскохозяйственного сырья полностью определяются его технологическими свойствами, знание и постоянное уточнение которых — основа создания прогрессивной техники.*

*2. Предлагаемая классификация инспекционных, сортировочных и калибровочных машин по функционально-технологическому принципу позволяет не только понять устройство и принцип действия основных типов машин, но и выбрать ту из них, которая наиболее полно учитывает особенности процесса сортирования и калибрования сырья.*

*3. В зависимости от особенностей эксплуатации, ремонта и обслуживания инспекционных, сортировочных и калибровочных машин и с учетом факторов, влияющих на производительность калибровочных машин, определены основные направления повышения эффективности их работы.*

*4. Приведенные методики инженерного расчета инспекционных, сортировочных и калибровочных машин позволяют правильно организовать проектирование, конструирование, изготовление, монтаж и наладку машин, что в свою очередь повысит надежность оборудования при реализации своих технологических функций.*

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называется процессом калибрования?
2. Что называется процессом сортирования?
3. В чем состоит отличие процессов калибрования и сортирования?
4. Какие основные принципы заложены в основу калибрования плодов и овощей?
5. Какова классификация калибровочных машин?
6. Каково устройство и принцип работы каждого типа калибровочной машины?
7. Какими факторами следует руководствоваться при выборе типа калибровочной машины для конкретного вида сырья?
8. Какие факторы влияют на мощность привода калибровочных машин?
9. Каковы основные направления повышения эффективности работы калибровочных машин?
10. Каковы недостатки и преимущества ленточных калибровочных машин?
11. Каковы недостатки и преимущества барабанных калибровочных машин?
12. Каковы недостатки и преимущества шнековых калибровочных машин?
13. Каковы недостатки и преимущества вибрационных калибровочных машин?
14. Каковы недостатки и преимущества дисковых калибровочных машин?
15. Каковы недостатки и преимущества валиковых калибровочных машин?
16. В чем заключается инспекция плодов и овощей?
17. Каково устройство и принцип работы инспекционных ленточных и роликовых конвейеров?
18. Какие факторы определяют мощность привода инспекционных конвейеров?
19. Как устроена и работает машина для сортировки рыбы?
20. От каких параметров зависит производительность машин для сортировки рыбы?

## Глава 8

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ ОТ НАРУЖНОГО ПОКРОВА

Приведено научное обоснование процесса очистки растительного и животного сырья от наружного покрова, дана классификация машин и указаны их основные типы. Качественное осуществление процесса очистки пищевого сырья во многом определяет эффективность протекания последующих процессов его обработки. Знания теоретических основ и сущности процессов очистки позволит выявить основные направления совершенствования конструкции машин для очистки пищевого сырья.

*Очистка пищевого сырья* — это процесс удаления несъедобных (косточки и плодоножки овощей и плодов, кожа животных, перо птицы и т.д.) и малоценных в пищевом отношении (кожица) частей продуктов животного и растительного происхождения.

#### 8.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СЫРЬЯ ОТ НАРУЖНОГО ПОКРОВА

Для очистки пищевого сырья растительного и животного происхождения применяются следующие способы очистки: физический (термический), пароводотермический, механический, химический, комбинированный и обжиг воздухом.

**Физический (термический) способ очистки.** Сущность парового способа очистки овощей и картофеля заключается в кратковременной обработке (картофеля в течение 60...70 с, моркови в течение 40...50 с, свеклы в течение 90 с и т. д.) паром под давлением 0,30...0,50 МПа и температуре 140...180 °С для проваривания поверхностного слоя ткани с последующим резким снижением давления.

В результате обработки паром кожица и тонкий поверхностный слой мякоти (1...2 мм) сырья прогреваются, под действием перепада давления кожица вспучивается, лопается и легко отделяется от мякоти. Затем овощи поступают в моечно-очистительную машину, где в результате трения клубней между собой и гидравлического действия струй воды под давлением 0,2 МПа кожица смывается и удаляется. Содержание потерь и отходов зависит от глубины гидротермической обработки и степени размягчения подкожного слоя. Отходы при паровом способе очистки составляют, %: для свеклы — 9...11, картофеля — 15...25, моркови — 10...12.

Паровой способ очистки сырья имеет следующие преимущества по сравнению с другими способами очистки: овощи любых форм и размеров хорошо очищаются, что устраняет необходимость их зрительного калибрования; обработанные овощи имеют сырую мякоть, что особенно важно при дальнейшем измельчении на резательных машинах; минимальные потери вследствие малой глубины обработки подкожного слоя овощей; минимальные изменения качества по цвету, вкусу и консистенции; сведение к минимуму возможных механических повреждений.

**Пароводотермический способ очистки** предусматривает гидротермическую обработку (водой и паром) овощей и картофеля. В результате гидротермической обработки ослабляются связи между клетками кожицы и мякоти и создаются условия для механического отделения кожицы.

Пароводотермическая обработка сырья состоит из следующих стадий:

— тепловая обработка сырья паром в четыре этапа: 1) нагревание, 2) бланширование, 3) предварительная и 4) окончательная доводка;

— водяная обработка осуществляется частично в автоклаве за счет образующегося конденсата и в основном в термостате в течение 5...15 мин в зависимости от вида и размеров сырья и моечно-очистительной машины;

— механическая обработка проводится в моечно-очистительной машине за счет трения клубней между собой;

— охлаждение под душем после обработки в моечно-очистительной машине.

Пароводотермическая обработка сырья приводит к физико-химическим и структурно-механическим изменениям сырья: коагуляции белковых веществ, клейстеризации крахмала, частичному разрушению витаминов и др. При этом происходит размягчение ткани, увеличивается водо- и паропроницаемость клеточных оболочек, форма клеток приближается к шарообразной, что увеличивает клеточное пространство.

Режимы пароводотермической обработки овощей и картофеля устанавливаются в зависимости от размеров сырья. Для улучшения и ускорения очистки моркови применяют комбинированную обработку с добавлением в термостат щелочного раствора в виде гашеной извести из расчета  $750 \text{ г Ca(OH)}_2$  на 100 л воды (0,75 %).

Содержание отходов и потерь зависит от сорта сырья, его размеров, качества, продолжительности хранения и составляет в среднем, %: при обработке картофеля — 30...40, моркови — 22...25, свеклы — 20...25.

Большие потери и отходы при пароводотермическом способе обработки являются его основным недостатком.

**Механический способ очистки** заключается в удалении кожицы продуктов животного и растительного происхождения путем стирания ее шероховатыми (абразивными) поверхностями, а также в удалении несъедобных или поврежденных тканей и органов овощей и фруктов, извлечении семенных камер или косточек у фруктов, срезании донца и шейки у лука, удалении листовой части и тонких корешков у корнеплодов ножами, высверливании кочерыжки у капусты. Очистка методом истирания кожицы проводится при непрерывной подаче воды для смывания и удаления отходов.

Качество очистки и количество получаемых отходов зависят от способа очистки, конструктивных особенностей оборудования, сорта, условий и длительности хранения сырья и других факторов. В среднем содержание отходов при механической очистке составляет 35...38 %.

Необходимо следить за состоянием насечки на абразивной поверхности. Перегрузка или недогрузка ухудшают качество очистки. При перегрузке увеличивается продолжительность пребывания клубней в машине, что приводит к большим потерям корнеплодов за счет излишнего истирания и неравномерной очистки всей загружаемой порции сырья. При недогрузке происходит снижение производительности и частичное разрушение тканей корнеплода от ударов клубней о стенки машины, что вызывает потемнение продукта после чистки.

В качестве рабочих органов используют не только абразивные поверхности, но и рифленые резиновые ролики.

Очистка лука заключается в обрезке верхней заостренной шейки и нижнего коричневого донца (корневой мочки), как правило, вручную и снятии шелухи с помощью сжатого воздуха.

У луковиц предварительно обрезают шейку и донце, а затем помещают в цилиндрическую очистительную камеру, дно которой сделано в виде вращающегося диска с волнистой поверхностью. Одновременно в камеру подают сжатый воздух. При вращении дна и ударе о него и стенки камеры кожица отделяется от луковиц и сжатым воздухом выносится в циклон, а очищенный лук выгружается из камеры. Иногда вместо сжатого воздуха используется вода, подаваемая под давлением.

Количество полностью очищенных луковиц может достигать 85 %.

Сжатый воздух также используется для очистки чеснока от кожицы.

**Химический способ очистки** заключается в том, что овощи, картофель и некоторые фрукты и ягоды (слива, виноград) обрабатывают нагретыми растворами щелочей, преимущественно растворами едкого натра (каустической соды), реже — едкого кали или негашеной извести.

Сырье, предназначенное для очистки, загружают в кипящий щелочной раствор. В процессе обработки протопектин кожуры подвергается расщеплению, связь кожицы с клетками мякоти нарушается и она легко отделяется и смывается водой в щеточных, роторных или барабанных моечных машинах в течение 2...4 мин водой под давлением 0,6...0,8 МПа.

Продолжительность обработки сырья щелочным раствором зависит от температуры раствора и его концентрации, а также от сорта сырья и времени (сезона) переработки.

Для уменьшения расхода щелочи и моечной воды и для обеспечения наиболее тесного контакта щелочного раствора с поверхностью овощей и облегчения последующей отмывки щелочи в рабочий раствор добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ). Применение ПАВ, понижающего поверхностное натяжение щелочного раствора, позволяет уменьшить концентрацию щелочного раствора в два раза и сократить отходы сырья при очистке на 10...45 %.

Оборудование для проведения щелочной обработки выполняется в виде специальной ванны с перфорированным вращающимся барабаном или с барабаном с вращающимся шнеком.

**Комбинированный способ очистки** предусматривает сочетание двух и более факторов, воздействующих на обрабатываемое сырье (пара и щелочного раствора, щелочного раствора и механической очистки, щелочного раствора и инфракрасного нагрева и др.).

При щелочно-паровом способе очистки картофель подвергают комбинированной обработке щелочным раствором и паром в аппаратах, работающих под давлением или при атмосферном давлении. При этом применяют более слабые щелочные растворы (5 %), что позволяет снизить расход щелочи и уменьшить отходы по сравнению со щелочным способом.

При щелочно-механическом способе очистки обработанное в слабом щелочном растворе сырье подвергают кратковременной очистке в машинах с абразивной поверхностью.

Сущность щелочно-инфракрасно-механического способа очистки заключается в обработке клубней в щелочном растворе концентрацией 7...15 % при температуре до 77 °С в течение 30...90 с. Затем клубни направляют в перфорированный вращающийся барабан, где они подвергаются инфракрасному обогреву. При этом происходит испарение воды из кожицы клубня и увеличивается концентрация находящегося в поверхностном слое щелочного раствора.

Механическая очистка производится в очистительной машине с гофрированными резиновыми валиками.

Комбинированные способы очистки позволяют уменьшить содержание отходов и потерь. Однако значительные энергозатраты не позволяют в полной мере реализовать их преимущества. Отходы при комбинированных способах очистки составляют 7...10 %, расход воды в 4...5 раз меньше, чем при химической (щелочной) очистке.

Сырье после очистки нуждается в инспекции и доочистке. При этом у корнеплодов и картофеля удаляют остатки кожицы, больные, поврежденные и подгнившие места, глазки у картофеля, ботву у моркови и свеклы, шейки и донца у луковиц. До настоящего времени эта трудоемкая операция осуществляется вручную на специальных инспекционных транспортерах. При механической доочистке разрушается большое количество клеток, в результате на поверхности корнеплода выделяется некоторая часть крахмала, свободных аминокислот, ферментов и других легкоокисляющихся веществ, которые взаимодействуют с кислородом воздуха и вызывают потемнение продукта. Для предотвращения этого инспекционные транспортеры оборудуют специальными ванночками.

**Обжиг воздухом** производится при температуре 800...1300 °С в течение 8...10 с, в подкожном слое картофеля влага почти мгновенно превращается в пар, который и отделяет кожицу от мякоти клубня и разрывает ее. Обжиг ведется во вращающихся футерованных барабанах, обогреваемых продуктами сгорания природного газа или жидкого топлива. Он может быть осуществлен в печах с электронагревом при перемещении продукта в лотках цепным транспортером.

Очистка поверхности зерна от пыли, надорванных в процессе обработки плодовых оболочек, а также частичное отделение зародыша и бородки производятся в обочных машинах.

Технологическую эффективность очистки зерна оценивают снижением зольности, при этом нормируют его дробление. Обработка зерна в обочных машинах считается эффективной, если снижение зольности будет не менее 0,02 %, а количество битых зерен увеличивается не более чем на 1 %.

Коэффициент снижения зольности  $\eta$  (%)

$$\eta = z_1 - z_2,$$

где  $z_1$  и  $z_2$  — зольность зерна соответственно до и после машины.

Зольность зерна  $z$  (%)

$$z = 100m/q(1000 - w),$$

где  $m$  — абсолютная масса золы, г;  $q$  — масса навески, г;  $w$  — влажность зерна, %.

Основными факторами, влияющими на технологическую эффективность и производительность обочных машин, являются окружная скорость бичевого ротора, нагрузка, расстояние между кромкой бичей и ситовым цилиндром, характер и состояние ситовой поверхности, влажность зерна и др.



Щеточные машины предназначены для очистки поверхности и бородки зерна от пыли и снятия надорванных оболочек, образующихся после пропуска зерна через обочные машины.

В технологическом процессе переработки крупяных культур с зерна удаляют цветковые пленки, плодовые и семенные оболочки. В зависимости от структурно-механических, физико-химических свойств и особенностей зерна, его биологических особенностей шелушение проводят в шелушильных и шлифовальных машинах различных конструкций.

Процесс шлифования заключается в окончательном удалении с поверхности ядра (семени) оставшихся после шелушения оболочек (и частично зародыша), а также в обработке крупок до установленной формы (округлой, шаровидной) и требуемого внешнего вида.

Основными показателями эффективности шелушения в крупяном производстве служат коэффициенты шелушения и цельности ядра (кроме ячменя, кукурузы и пшеницы). Коэффициент шелушения  $K_{ш}$  определяется по формуле

$$K_{ш} = [(K_1 - K_2) / K_1] \cdot 100,$$

где  $K_1, K_2$  — количество нешелушеного зерна в смеси до и после шелушения, %.

Коэффициент цельности ядра  $K_{ц}$

$$K_{ц} = B / (B + D + M),$$

где  $B$  — выход целого ядра на данной системе шелушения за вычетом количества шелушеного зерна в исходной смеси, %;  $D$  — выход дробленого ядра на данной системе шелушения за вычетом количества дробленого ядра в исходной смеси, %;  $M$  — выход мучки на данной системе шелушения за вычетом количества мучки в исходной смеси, %.

Гребнеотделительные машины предназначены для дробления винограда и отделения гребней. Причем под дроблением понимается разрушение кожицы ягод и их клеточной структуры, облегчающее получение сока. Степень измельчения винограда существенно влияет на выход суслу-самотека и скорость суслоотделения.

Процесс дробления винограда проводится с отделением или без отделения гребней. В первом случае в сусле меньше дубильных веществ, зато во втором — процесс ускоряется за счет того, что гребни препятствуют спрессовыванию мезги и улучшают дренаж.

Протирачные машины используются в производстве пюреобразных продуктов, соков, концентрированных томатопродуктов и других растительных полуфабрикатов. Они служат для разделения растительного сырья на две фракции: жидкую с мякотью, из которой изготавливаются консервированные продукты, и твердую, представляющую собой отходы (кожица, семена, косточки, плодоножки и т. п.).

*Протирание* — это процесс отделения массы плодовоовощного сырья от косточек, семян, кожуры путем продавливания на ситах через отверстия с диаметром 0,7...5,0 мм.

*Финиширование* — это дополнительное, более тонкое измельчение протертой массы путем пропуска через сито с диаметром отверстий менее 0,4 мм.

В процессе протирания или финиширования перерабатываемая масса попадает на поверхность движущегося бича. Под действием центробежной силы она прижимается к рабочему сити. Полуфабрикат через отверстия проходит в сборник, а отходы под действием силы, обусловленной углом опережения бичей, продвигаются к выходу рабочего сита.

**Снятие шкур и перьевого покрова с туш.** Отделение шкуры возможно механическим, тепловым, химическим или комбинированным способами. На предприятиях мясной промышленности наибольшее распространение получили машины для механического отделения шкуры. В зависимости от вида туш их подразделяют на установки для крупного и мелкого рогатого скота и для свиных туш.

При проектировании установок для механического съема шкур крупного рогатого скота необходимо учитывать следующие требования: перед съемом шкуры туша должна быть зафиксирована с предварительным натяжением 20...100 % от натяжения при отделении шкур. Съем ведут в определенной последовательности. Сначала шкуру снимают с лопаток, шеи, грудной клетки, боков и частично со спины со скоростью 8...10 м/мин, а затем отделяют остальную часть шкуры, чтобы исключить ее загрязнение в процессе съема. При отвесной фиксации угол наклона туши к горизонту принимают 70°. Съем шкур с мелкого рогатого скота осуществляют в той же последовательности, что и для крупного рогатого скота. Съем шкур свиней проводят с использованием электрического тельфера или лебедки.

Снятие оперения с тушек кур, цыплят, индеек и водоплавающей птицы является одной из трудоемких операций.

Принцип работы большинства машин и автоматов, снимающих оперение с тушек птицы, основан на использовании силы трения резиновых рабочих органов по оперению. При этом необходимо, чтобы сила трения, возникающая при соприкосновении поверхности рабочего органа с оперением, превышала силу сцепления оперения с кожей тушки.

Силу трения вызывает сила нормального давления рабочих органов, действующая на оперение. Так, в пальцевой машине сила нормального давления рабочих органов на тушку возникает под действием массы тушки. При обработке на этой же машине частей тушки — крыльев, головы, шеи, масса которых незначительна, приходится прижимать их к рабочим органам, чтобы увеличить силу трения при скольжении их по оперению.

В автоматах бильного типа сила нормального давления возникает в результате энергии удара бил о тушку, в автоматах центробежного — за счет центробежной силы и массы тушки. Имеются автоматы, где сила нормального давления возникает за счет сил упругой деформации рабочих органов.

На разных участках тушки оперение удерживается с различной силой. В машинах и автоматах для снятия оперения сила трения строго ограничена, так как она наряду с удалением оперения повреждает кожный покров тушки в тот момент, когда рабочие органы воздействуют на участки тушки без оперения.

Иногда на птицеперерабатывающих предприятиях сталкиваются с необходимостью переработки водоплавающей птицы в период линьки. При этом на автоматах для ощипки на тушках после обработки остаются неудаленные пеньки. Пеньки с тушек такой птицы удаляют воскованием, во время которого с тушек удаляются и другие остатки оперения.

Воскование положительно влияет на качество обработки: сглаживаются дефекты технологической обработки, улучшаются цвет и товарный вид тушек птицы благодаря образованию тонкого глянцевого слоя воскомассы на поверхности. При восковании удаляется волосовидное перо и отпадает необходимость газовой опалки тушек.

Хорошая воскомаасса характеризуется большой величиной адгезии к оперению и незначительной к коже птицы, высокой пластичностью и в то же время достаточной хрупкостью в застывшем состоянии, хорошими регенерирующими свойствами. В настоящее время в промышленности используют преимущественно синтетическую воскомаассу, в состав которой входят парафин, полиизобутилен, бутилкаучук, кумароно-инденевая смола.

## 8.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

На рис. 8.1 приведена классификация способов очистки пищевого сырья от наружного покрова. Выбор способа для очистки сырья определяется видом поступающих на обработку овощей и фруктов и видом выпускаемой продукции.

В соответствии с приведенной классификацией способов очистки пищевого сырья дана и классификация оборудования для очистки растительного и животного сырья от наружного покрова (рис. 8.2).

По расположению основного рабочего органа различают обоечные и щеточные машины с вертикальной и горизонтальной осями вращения барабана.

Конструкция, материал и форма рабочих органов машины определяют принцип ее действия при шелушении и шлифовании.

По принципу действия машины классифицируют следующим образом.

1. Нагружение зерновок, в результате которого происходят деформации сжатия и сдвига, вызывающие скалывание и разрушение цветковых оболочек проса, риса, овса и плодовых оболочек гречихи путем воздействия на зерновку двух рабочих поверхностей: подвижной и неподвижной. К таким машинам относят вальцедековые станки, шелушильные поставы и т. д.



Рис. 8.1. Классификация способов очистки сырья

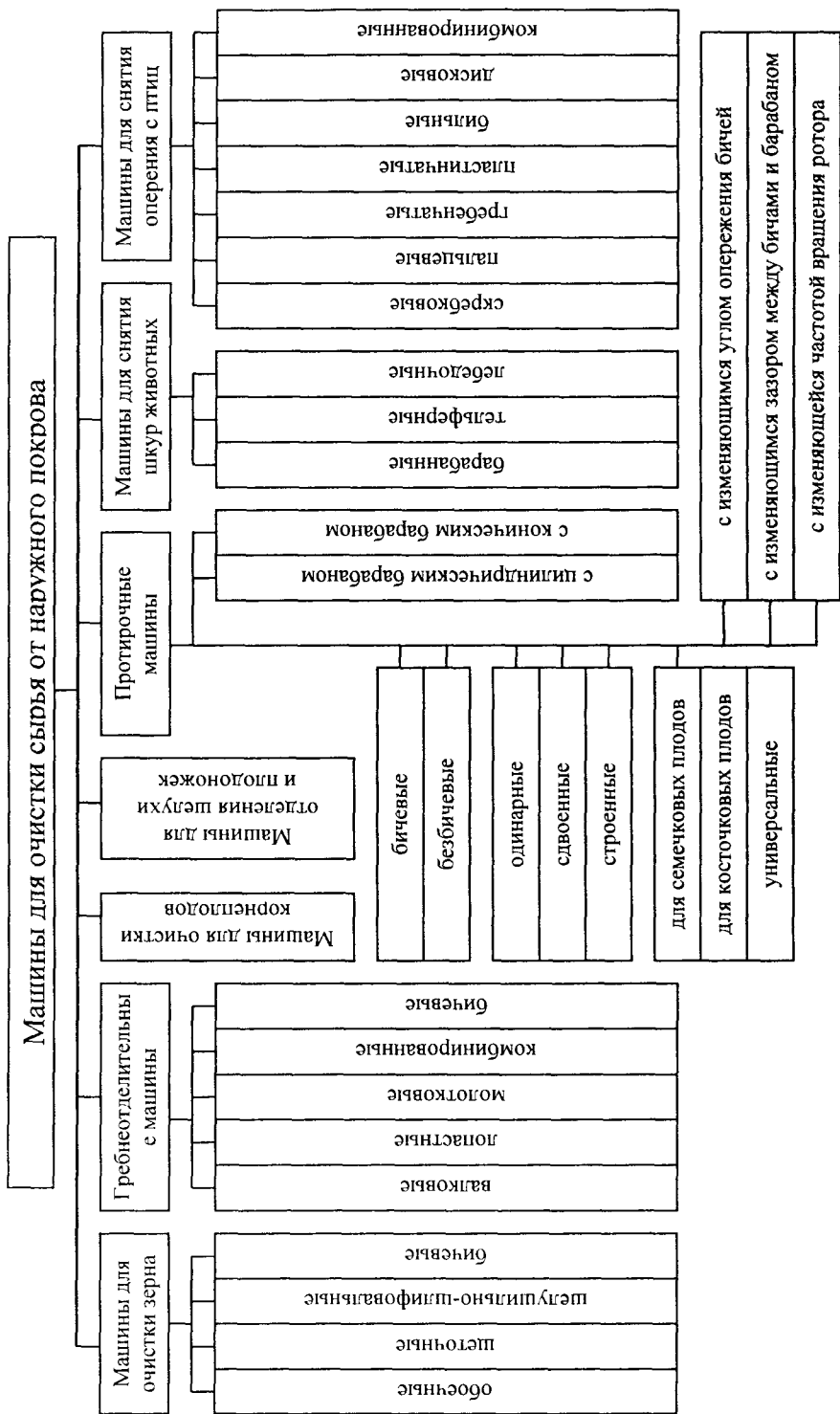


Рис. 8.2. Классификация оборудования для очистки сырья от наружного покрова

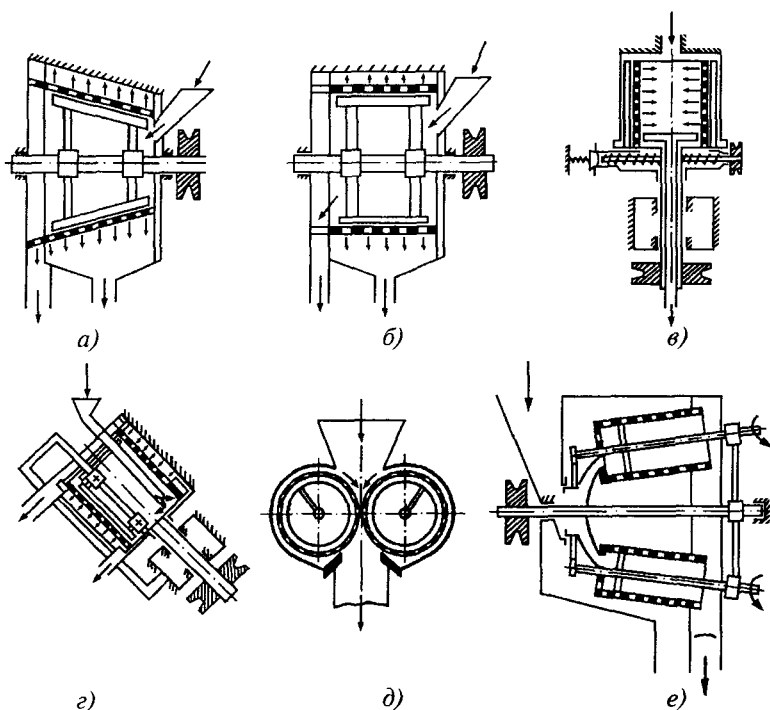


Рис. 8.3. Основные конструктивные схемы протирачных машин:

*a* — с коническим ситовым барабаном; *б* — с цилиндрическим ситовым барабаном; *в* — с вращающимся вертикальным ситовым барабаном при наружной подаче сырья; *з* — с наклонным вращающимся ситовым барабаном и внутренней подачей сырья; *д* — двухбарабанная безбичевая; *е* — трехбарабанная безбичевая

2. Нарушение связи ядра с оболочкой путем скалывания, способствующего разрушению наружных покровов проса, риса, гречихи в результате воздействия вращающихся навстречу друг другу с различными скоростями валков, которые имеют эластичные рабочие поверхности (шелушители типа ЗРД с обрешиненными валками).

3. Нарушение связи ядра с оболочкой путем трения, вызывающего истирание (соскабливание) оболочек в результате многократного интенсивного воздействия абразивной и перфорированной поверхностей рабочих органов машин, а также взаимного трения частиц. К таким машинам относят шлифовальные и полировальные поставы. На этих машинах перерабатывают пшеницу, ячмень, семена гороха.

Гребнеотделительные машины в зависимости от типа рабочего органа классифицируются на валковые, лопастные, молотковые и комбинированные, в которых возможна комбинация тех или иных конструктивных особенностей.

Протирачные машины классифицируются по следующим признакам: по числу барабанов — одинарные, сдвоенные и строенные; по принципу действия — бичевые и безбичевые; по форме барабанов — с цилиндрическим или коническим барабаном; по назначению — для семечковых плодов, для косточковых плодов и универсальные; по способу регулирования производительности — с изменяющимся углом опережения бичей, изменяющимся зазором между бичами и барабаном, изменяющейся частотой вращения ротора (рис. 8.3).

В зависимости от вида обрабатываемого животного оборудование подразделяют на установки для съема шкуры с крупного и мелкого рогатого скота и свиней.

Установки для съема шкур с крупного рогатого скота периодического и непрерывного действия бывают вертикальными и горизонтальными. В установках периодического действия туша фиксируется неподвижно, а при непрерывном съеме шкуры туша движется по подвесному пути.

Для снятия оперения с тушек кур, цыплят, индеек и водоплавающей птицы применяют дисковые, бильные и центробежные автоматы, машины валкового и барабанного типов.

Для съема щетины, волоса и оперения применяют скребковые, пальцевые, гребенчатые, пластинчатые, бильные, дисковые и другие машины. Извлечение щетины, волоса и оперения выполняют путем одностороннего контакта рабочего органа с объектом извлечения.

### 8.3. ОБОЕЧНЫЕ И ЩЕТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Основным рабочим органом обоечных машин является вращающийся бичевой ротор, находящийся в неподвижном сетчатом цилиндре. Между бичами и цилиндром устанавливают определенный зазор. Зерно под действием центробежных сил вращающегося бичевого ротора отбрасывается к сетчатому цилиндру и подвергается многократному механическому воздействию со стороны бичей в результате ударов, трения о ситовую поверхность и между зерновками. В результате пыль, песок, частицы плодовых оболочек, зародыша и бородки отделяются от зерна и проходят через отверстия сита. В зависимости от вида обоечной машины зерно и продукты шелушения объединяются или выводятся раздельно.

Окружную скорость бичевого ротора следует выбирать в зависимости от обрабатываемой культуры. Например, для ржи, обладающей более вязкой структурой, чем пшеница, скорость должна быть 15...18 м/с, для мягкой пшеницы — 13...15 м/с, для твердой, более хрупкой пшеницы — 10...11 м/с. При уменьшении рабочего зазора интенсивность воздействия увеличивается, так как возрастает сила удара и взаимного трения. Удельная нагрузка зависит от особенностей обрабатываемой культуры, режима работы обоечной машины, типа бичевого ротора и от материала сетчатого цилиндра.

**Горизонтальная обоечная машина РЗ-БГО-6** (рис. 8.4) состоит из приемного устройства, корпуса 1, бичевого ротора, сетчатого цилиндра, привода, выпускных устройств и станины.

Приемное устройство состоит из патрубка 2, подающего зерно в магнитный аппарат 3. Последний снабжен грузовым клапаном. Приемное устройство установлено со стороны привода машины. Блок магнитов расположен в лотке, который можно легко снять и удалить металломагнитные примеси.

Корпус 1 сварен из листового материала и установлен на станине.

С одной его стороны сделана плотно прилегающая дверка с запорными ручками. В корпусе предусмотрены отверстия для приемного устройства, аспирационного патрубка 5 и выпуска прохода. Бичевой ротор 6 состоит из пустотелого вала, с торцов которого приварены полуоси, установленные в шарикоподшипниках. На консольной части полуоси расположен приводной шкив.

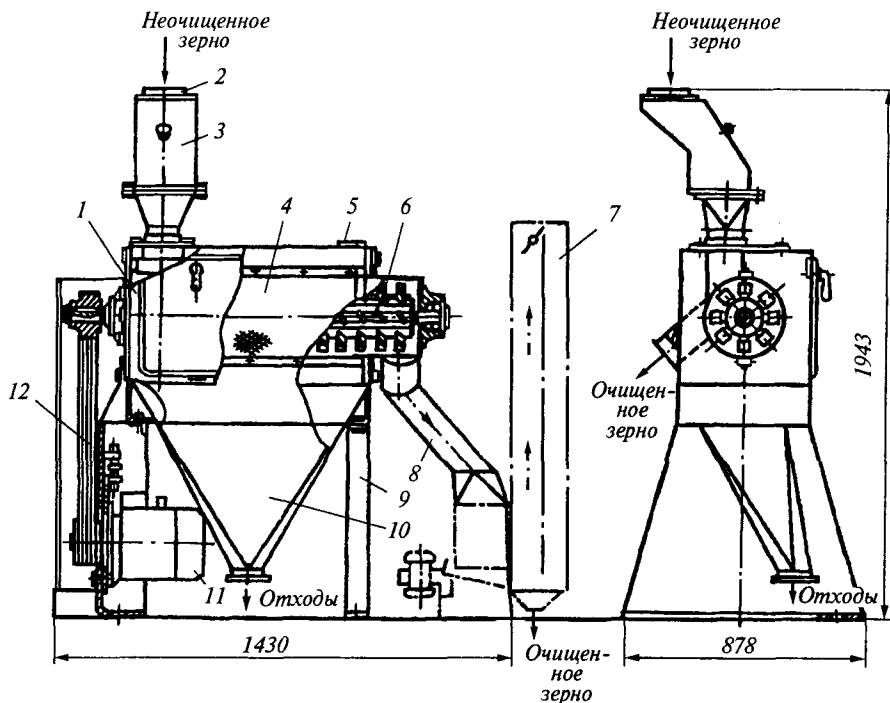


Рис. 8.4. Горизонтальная обоечная машина РЗ-БГО-6

На пустотелом валу по образующей закреплены винтами восемь бичей, представляющих собой продольные стальные пластины. К каждому бичу приварены короткие гонки, причем на четырех бичах гонки установлены под углом  $80^\circ$ , а на остальных — под углом  $60^\circ$  к оси ротора. Гонки каждого бича имеют разную высоту: пять крайних гонков с обоих его концов короче средних. В результате этого зерно в различных зонах имеет неравномерную скорость. Относительное движение потоков увеличивает интенсивность трения и соответственно повышает эффективность очистки зерна.

Сетчатый цилиндр 4 состоит из двух половин, соединенных в вертикальной плоскости. Сетка прикреплена к деревянной раме винтами с увеличенной головкой. Сетчатый цилиндр зажимают на цилиндрических патрубках питателя и выпускного устройства.

Привод машины осуществляется от электродвигателя 11 через клиноременную передачу 12. Клиновые ремни натягивают винтовым устройством. Фланец электродвигателя закреплен на вертикальной опоре машины болтами. Между фланцем и опорой установлена плита, жестко связанная с фланцем и имеющая вертикальные прорези для перемещения электродвигателя при натяжении клиновых ремней.

Выпускные устройства предназначены для вывода частиц, отделенных от зерна, проходящих через сито и очищенного зерна — сходом с него. Для вывода частиц, отделенных от зерна, под сетчатым цилиндром установлен выпускной бункер 10, прикрепленный к корпусу машины. Очищенное зерно выводится через выпускной патрубок 8

(типа улитки), установленный в торце сетчатого цилиндра со стороны, противоположной приему. Выпускной патрубок повернут так, что зерно из машины поступает на вибропитатель вертикального пневмосепаратора 7.

Станина представляет собой две опоры, на которых установлена машина. Со стороны привода расположена сплошная опора, а с противоположной — две стойки 9. Они соединены вверху поперечиной. В нижней части опор сделаны отверстия для крепления машины к полу.

**Обоечная машина РЗ-БГО-8** аналогична обоечной машине РЗ-БГО-6 по устройству основных рабочих органов, но отличается компоновкой, расположением приемных и выпускных устройств, размерами и производительностью.

Технологический процесс обработки зерна в горизонтальных обоечных машинах происходит следующим образом. Исходное зерно поступает через приемный патрубок и равномерно распределяется в зазоре между сетчатым цилиндром и бичевым ротором, затем подхватывается бичами и подвергается интенсивному трению о бичи и внутреннюю поверхность сетки цилиндра, а также межзерновому трению.

Отличительная особенность машин такого типа заключается в том, что полый вал бичевого ротора занимает до 1/4 рабочего объема сетчатого цилиндра. В результате в кольцевом зазоре, заполненном зерном, под действием планок бичей, имеющих различный угол наклона и высоту, возникает сложная разноскоростная циркуляция зерна. Высокую эффективность обработки поверхности зерна обеспечивают также высокоскоростным режимом работы бичевого ротора.

Техническая характеристика горизонтальных обоечных машин приведена в табл. 8.1.

**Вертикальная обоечная машина РЗ-БМО-6** (рис. 8.5) состоит из следующих основных узлов: приемного устройства, корпуса, сетчатого цилиндра, бичевого ротора, привода, выпускного устройства.



Рис. 8.5. Вертикальная обоечная машина РЗ-БМО-6

Приемный патрубок 1 состоит из прозрачного цилиндрического стакана, нижняя часть которого установлена на крышке корпуса, а к верхней прикреплен гибкий рукав. Он соединяет стакан с самотечной трубой, подающей зерно. Загрузочная воронка имеет два конуса 2 и 3, концентрично установленных один над другим, что предотвращает излишнее накопление зерна.

Питающий цилиндр 4 приварен к нижнему конусу 3 воронки. К его нижней части примыкает распределительный диск 5, подвешенный к конусу на трех пружинах 12. Натяжение пружин отрегулировано так, чтобы при отсутствии зерна обеспечивалось прижатие диска к цилиндру.

Цилиндрический корпус 8 — это сварная неразборная конструкция из листового металла. В нижней части корпуса предусмотрено четыре отверстия для крепления его к перекрытию. Почти по всей высоте корпуса с противоположных сторон расположены съемные двери с запорными ручками.



Вертикальный сетчатый цилиндр 11 собран из трех секторов. Они соединены между собой болтами через три продольные деревянные накладки. Вверху и внизу сетчатый цилиндр установлен на внутренние кольца корпуса машины. Верхняя его часть для предохранения от преждевременного износа закрыта с внутренней стороны на высоту 250 мм сплошным металлическим листом. Цилиндр выполнен из металлотканой сетки. Площадь сетчатой поверхности 12,8 м<sup>2</sup>.

Бичевой ротор смонтирован на вертикальном валу 9 при помощи четырех крестовин 6, которые прикреплены к валу центрирующими штифтами. На крестовинах вертикально установлено восемь плоских стальных бичей 7. Верхние их концы отогнуты в направлении вращения ротора. На бичах сделана нарезка для крепления их болтами к крестовинам и регулирования зазора между рабочей кромкой бичей и сетчатым цилиндром в пределах 22...28 мм.

Вал бичевого ротора вращается в двух самоустанавливающихся подшипниках. Верхний подшипник роликовый, радиальный, сферический, двурядный. Он установлен в чугунном корпусе с крышкой и закреплен на валу втулкой и гайкой со стопорной шайбой. Нижний подшипник шариковый, радиальный, сферический, двурядный. Он расположен на закрепленной втулке в стальном корпусе с крышкой.

Привод бичевого ротора осуществляется от электродвигателя 13 через клиноременную передачу 14. Электродвигатель установлен в верхней части машины на вертикальной стальной плите, шарнирно соединенной с кронштейном корпуса. Приводные ремни натягиваются поворотом плиты, положение которой фиксируется двумя откидными натяжными болтами с гайками.

Выпускное устройство 10 выполнено в виде конической сварной воронки с патрубком.

Вертикальную обоечную машину аспирируют через нижнее выпускное устройство, расположенное перед шлюзовым затвором.

**Обоечная машина РЗ-БМО-12** по конструкции аналогична машине РЗ-БМО-6. Отличием является исполнение бичевого ротора, имеющего пять крестовин. Кроме того, выпускное устройство обоечной машины РЗ-БМО-12 выполнено в виде двух конических воронок: большой и малой, установленных одна в другой.

Технологический процесс сухой обработки поверхности зерна в вертикальных обоечных машинах происходит следующим образом. Исходное зерно самотеком подают через патрубок и загрузочную воронку в питающее устройство. Здесь оно равномерно распределяется по всей окружности цилиндра и через кольцевой зазор попадает в рабочую зону. Там зерно подхватывается отогнутыми концами бичей и движется по спирали вниз между ситовым цилиндром и кромками бичей.

Под действием центробежной силы инерции, создаваемой ротором, зерно многократно отбрасывается к внутренней поверхности ситового цилиндра. В результате интенсивного трения зерновок между собой и о ситовой цилиндр поверхность зерна очищается от пыли, надорванных оболочек и частично от зародыша и бородки.

В вертикальной обоечной машине РЗ-БМО-6 частицы зерна и оболочек, прошедшие через отверстия ситового цилиндра, падают вниз и вместе с очищенным зерном через разгрузочную воронку выводятся из машины. Смесь зерна с оболочками дополнительно обрабатывают в пневмосепараторах, где легкие примеси уносит воздух.

В вертикальной обоечной машине РЗ-БМО-12 очищенное зерно и проходовая фракция выводятся отдельно соответственно через малый и большой конусы разгрузочной воронки. Аспирацию машины осуществляют отсосом воздуха из верхней части корпуса.

Техническая характеристика вертикальных обоечных машин приведена в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Техническая характеристика обоечных машин

Показатель	РЗ-БМО-6	РЗ-БМО-12	РЗ-БГО-6	РЗ-БГО-8
Производительность, т/ч	6	12	6...9	8...12
Размеры ситового цилиндра, мм:				
диаметр	650	650	300	300
высота (длина)	1080	1380	635	1500
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	480	480	1130	1130
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	6	6	6	6
Мощность электродвигателя, кВт	11	15	5,5	15
Габаритные размеры, мм	1530×1075× ×1855	1530×1075× ×2105	1430×878× ×1943	2530×878× ×2443
Масса, кг	865	950	406	680

Щеточная машина А1-БЩМ-12 (рис. 8.6) предназначена для очистки поверхности и бороздок зерна пшеницы и ржи от пыли, отделения надорванных оболочек и выделения легких и металломагнитных примесей.

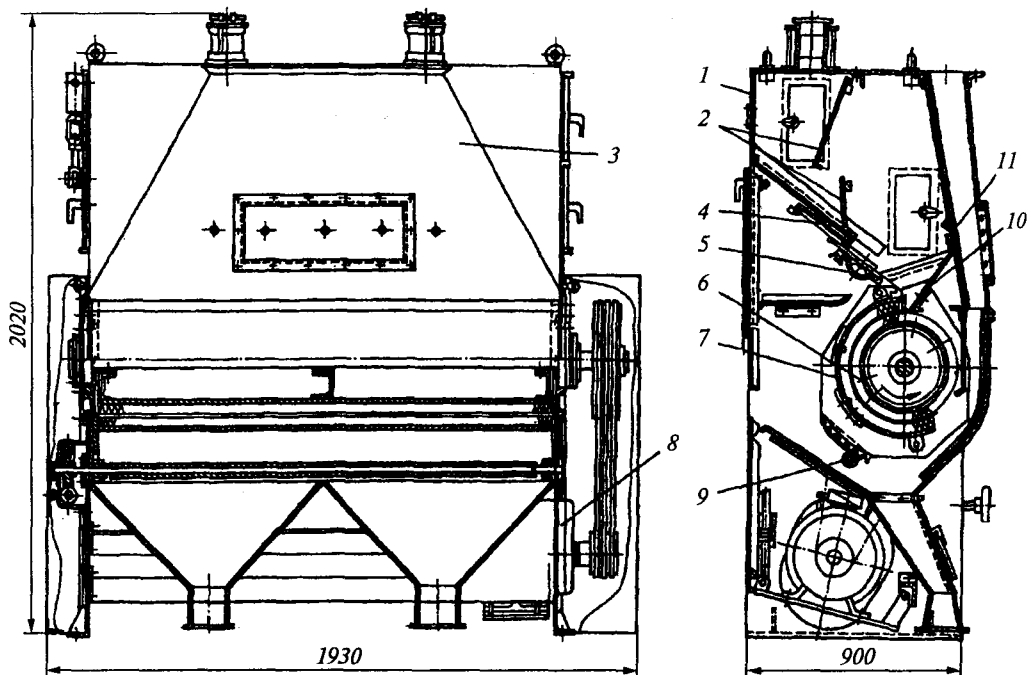


Рис. 8.6. Щеточная машина А1-БЩМ-12

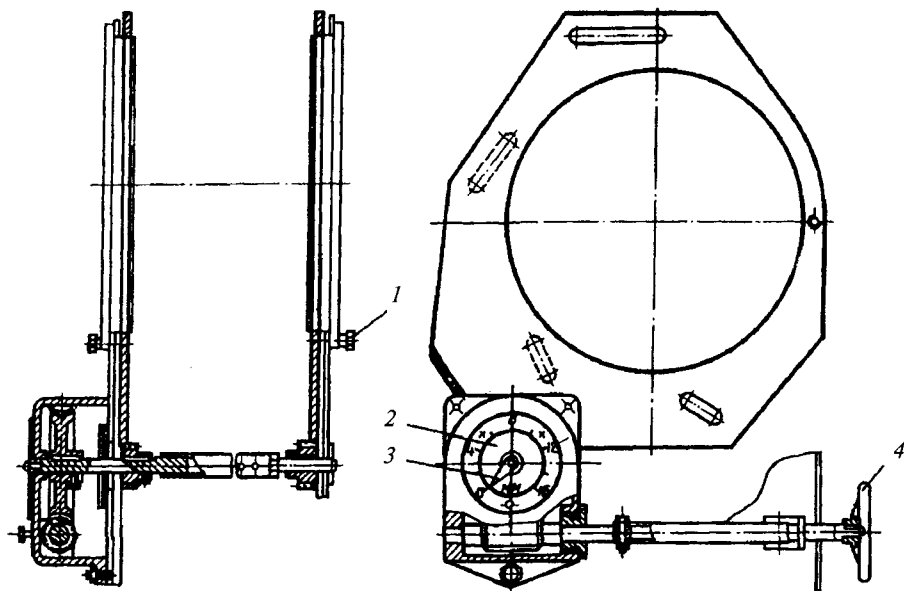


Рис. 8.7. Механизм прижима деки щеточной машины А1-БЦМ-12

Станина 1 щеточной машины А1-БЦМ-12 представляет собой цельнометаллическую сварную конструкцию и предназначена для компоновки на ней всех узлов. Горизонтальный щеточный барабан 6 — основной рабочий орган машины, состоит из восьми колодок, набранных щеточным волокном и закрепленных на ступицах, установленных на валу. Щеточная дека 7 имеет три колодки, набранные щеточным волокном и шарнирно соединенные между собой с помощью петель. Радиальный зазор между щеточными поверхностями барабана и деки регулируют механизмом 9 прижима деки, червячная передача которого передает усилие двум парам зубчатых передач, закрепленных на одном валу с червячным колесом. Зубчатая передача состоит из шестерни и зубчатого сегмента, нарезанного на подвижной щеке прижима деки.

Конструкция механизма прижима (рис. 8.7) позволяет прижимать дека к барабану параллельно по всей длине и обеспечивает установку зазора 4...8 мм между рабочими поверхностями барабана и деки. Основными деталями, входящими в состав механизма прижима, являются винт 1 поджима деки, шкала 2, указатель 3 и штурвал 4.

Для улавливания металломагнитных примесей из зерна установлен магнитный аппарат 5 (см. рис. 8.6), состоящий из набора постоянных магнитов, расположенных в один ряд под питающим устройством. Заслонку 4 используют при очистке магнитного аппарата. Шибер 10 служит для направления потока зерна по ходу вращения щеточного барабана 6.

Зазор между шибером 10 и щеточным барабаном должен быть 2 мм. Шибер 11 служит для регулирования воздушного режима машины. Привод щеточного барабана 6 — от электродвигателя 8 через клиноременную передачу, состоящую из трех ремней.

Равномерное распределение зерна по длине щеточного барабана осуществляет питающее устройство 2, состоящее из верхнего грузового клапана и нижнего клапана, сблокированных между собой регулируемой тягой. Питающее устройство 2 автоматически поддерживает равномерную сыпь зерна по всей длине щеточного

барабана независимо от количества его поступления в машину. Далее зерно, увлекаемое вращающимся щеточным барабаном 6, направляется в зазор между щеточными поверхностями барабана и деки, где, подвергаясь интенсивному воздействию щеток, очищается от пыли и надорванных оболочек. Затем зерно поступает в нижнюю часть аспирационного канала 3, где от зерна отделяются воздухом легкие примеси (частицы оболочек, шуплые зерна и др.) и по аспирационному каналу уносятся из машины.

Очищенное зерно выводится из машины самотеком через сборник, расположенный в нижней части.

При наличии нормального зерна в отнoсах необходимо отрегулировать режим аспирации шибером воздуховода или аспирационной трубы (приподнять вверх шибер). Если не выделяются ферромагнитные примеси, необходимо в магнитном аппарате поднять заслонку и установить ее на фиксаторе, а также очистить магнитный аппарат.

Очистку магнитного аппарата осуществляют следующим образом. Его заслонку надо установить в нижнее положение (перекрывать магнитный аппарат), отвернуть барашки крепления и открыть магнитный аппарат, поворачивая его вокруг нижней оси. Затем удалить ферромагнитные примеси с помощью щетки в лоток.

Контролировать прижим деки (зазор) необходимо не реже одного раза в два месяца по шкале 2 механизма прижима (см. рис. 8.7). Смещение указателя 3 при помощи маховика 4 на половину деления по шкале соответствует уменьшению (или увеличению) зазора между щеточными поверхностями барабана и деки на 1 мм. Деление 16 на шкале соответствует пределу, после которого использование щеточного барабана или щеточной деки нецелесообразно.

### Техническая характеристика щеточной машины А1-БЩМ-12

Производительность, т/ч . . . . .	12
Снижение зольности зерна, % . . . . .	0,02
Увеличение битого зерна, % . . . . .	0,9
Частота вращения щеточного барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	325
Размеры щеточного барабана, мм:	
диаметр . . . . .	362
длина . . . . .	1575
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	3500
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	4,0
Габаритные размеры, мм . . . . .	1930×900×2020
Масса, кг. . . . .	855

**Щеточная машина ЩМА с вертикальной осью вращения** (рис. 8.8) предназначена для вымола сходовых продуктов драных и размольных систем. Принцип действия машины заключается в интенсивном протирании щетками продукта через поверхность цилиндрического сита. Через отверстия сита проходит мелкая фракция, состоящая в основном из отделившихся частиц эндосперма.

Машина выполнена в виде вертикального корпуса (станции), в котором вращается обечайка, состоящая из верхней розетки 9, нижней розетки 18 и соединяющих их деревянных вертикальных планок 17.

На внутренней поверхности планок укреплено сито 16, образующее цилиндрическую ситовую поверхность. Внутри обечайки на вертикальном валу 15 вращается барабан с расположенными равномерно по окружности десятью щетками 14. Концы волос щеток находятся вблизи ситовой поверхности обечайки. По мере износа щетки поджимают к обечайке вращением трубы 13, которая через систему рычагов связана со щеточными колодками.

Труба по концам имеет резьбу: с одной стороны левую, а с другой — правую. На резьбовые части трубы накручены специальные гайки 12, шарнирно соединенные через распорки 11 с деревянными планками 10, на которых укреплены щетки 14. При вращении трубы ключом гайки 12, сближаясь или удаляясь друг от друга, уменьшают или увеличивают расстояние между щетками и ситовой поверхностью обечайки.

Вращение барабану передается через клиноременную передачу от электродвигателя, установленного в верхней части машины. Обечайка получает вращение от вала барабана через редуктор, состоящий из двух пар цилиндрических шестерен. Для очистки сита обечайка периодически встряхивается. На стойках корпуса машины установлены специальные пружинные устройства — встряхиватели. На планках обечайки укреплены металлические упоры — пластины 5. Встряхивание планок и укрепленного на них сита происходит благодаря контакту пластин с встряхивателями во время вращения обечайки. Силу встряхивающего удара регулируют винтом 3, сжимающим пружину 2. После регулирования положения винта фиксируют гайкой 4.

Электродвигатель крепят к угольнику, который при помощи натяжных винтов 7 и 8 можно удалять от оси барабана, чем достигается необходимое натяжение ремней.

Продукт поступает через окно в верхнем диске щеточной машины и попадает на вращающиеся части барабана: верхний диск 6, планки 10 и щетки 14. Под влиянием центробежной силы продукт разбрасывается по цилиндрической поверхности сита и протирается щетками. Отделившиеся мучнистые частицы просеиваются через сито и внизу удаляются скребками 1. Оставшиеся непросеянные частицы выпадают в окна в нижнем диске корпуса машины.

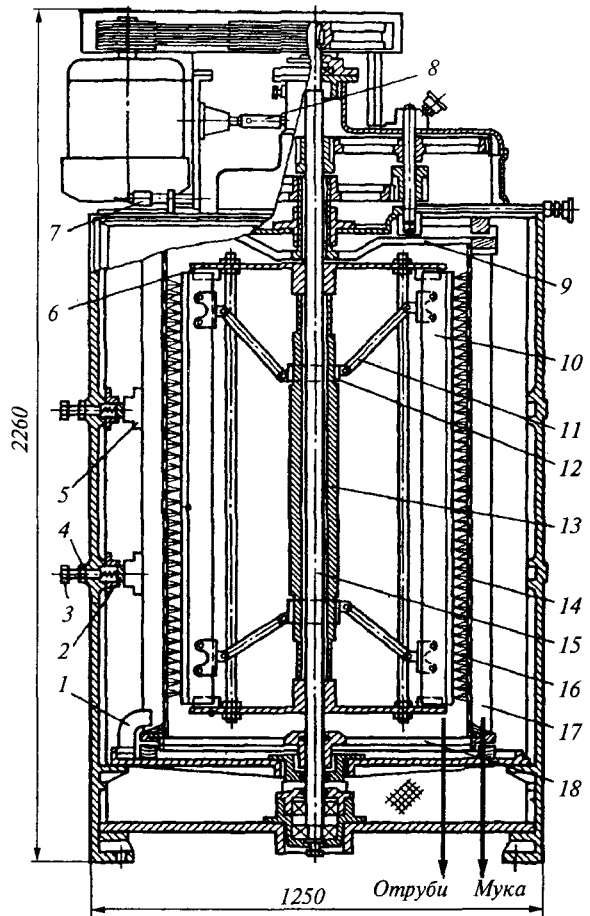


Рис. 8.8. Щеточная машина ЩМА

**Техническая характеристика машины ЩМА**

Производительность, кг/с . . . . .	1,0
Площадь ситового барабана, м <sup>2</sup> . . . . .	3
Диаметр ситового барабана, мм . . . . .	800
Частота вращения щеточного барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	300
Частота вращения ситовой обечайки, мин <sup>-1</sup> . . . . .	8
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,14
Электродвигатель:	
мощность, кВт . . . . .	2,8
частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> . . . . .	950
Масса, кг . . . . .	870

**Щеточная машина БЩО-1,5 с горизонтальной осью вращения** (рис. 8.9) предназначена для извлечения мучнистых частиц из отрубей, получаемых при переработке пшеницы в сортовую муку. В технологическом процессе машину устанавливают на обработке сходовых продуктов последних драных систем.

Машина состоит из следующих основных узлов: станины 18, щеточного барабана 8, щеточно-ситового барабана 15, привода 1 и контрпривода 2. Станина, на которой монтируют все узлы машины, состоит из двух чугунных боковин 6 и 13, связанных между собой стяжками 11, кожуха и подмоторной рамы. К боковинам станины крепят приемный 5 и выпускной 16 патрубки.

Щеточный барабан 8 имеет вал, на котором укреплены разборные чугунные розетки 10 и 12. К розеткам параллельно оси машины прикреплено пять щеток (бичей) 9, а в промежутках между ними расположено пять гребенок с гонками. Щеточно-ситовой барабан 15 включает две чугунные розетки 7, к которым прикреплено три ситовых рамы с расположенными на них гонками и три щетки 14, регулируемые по мере износа. Щеточно-ситовой барабан приводится во вращение от вала щеточного барабана через контрпривод, клиноременную 4 и зубчатую передачи.

Принцип работы машины заключается в нарушении сил сцепления эндосперма и оболочка вследствие растирания обрабатываемого продукта щетками. Поступивший на обработку продукт благодаря наличию относительной скорости щеток, создаваемой разностью вращения щеточного и щеточно-ситового барабанов, растирается щетками обоих барабанов, после чего мелкие частицы (в основном эндосперм) проходят через отверстия сита (проход), а крупные частицы (оболочки) остаются на сите (сход).

Каждая отсортированная фракция транспортируется вдоль машины гонками, установленными на обоих барабанах, и выводится через соответствующие патрубки из машины.

В приемном патрубке установлена задвижка, управляемая электромагнитом. При остановке машины задвижка перекрывает приемный патрубок, питание машины прекращается, что предохраняет ее от завалов.

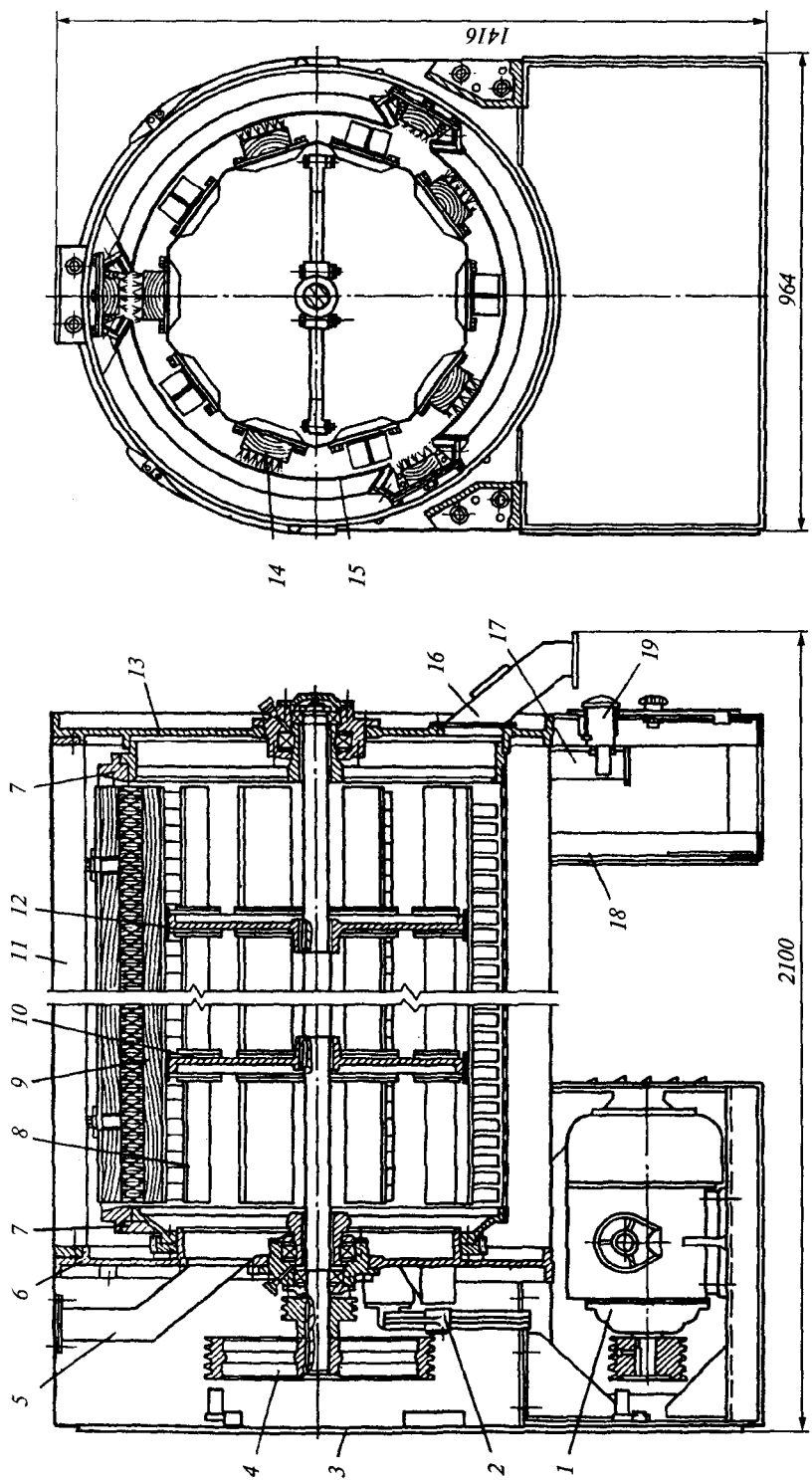


Рис. 8.9. Щеточная машина БЩО-1,5 для обработки отрубей

Сходовой продукт из машины выводится через патрубок 16, проходовой — через патрубок 17, в котором установлен пробоотборник 19.

### Техническая характеристика машины БЩО-1,5

Производительность (на продукте, поступающем после V драной системы—верхние сходовые продукты), кг/с . . . . .	0,45
Частота вращения щеточного барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	300
Частота вращения ситового барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	18
Диаметр ситового барабана, мм . . . . .	750
Площадь просеивающей поверхности, м <sup>2</sup> . . . . .	2,75
Электродвигатель:	
мощность, кВт . . . . .	5,5
частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> . . . . .	950
Масса, кг . . . . .	930

**Инженерные расчеты.** К основным расчетным параметрам обоечных машин относят: производительность, окружную скорость бичевого барабана, размеры цилиндра (диаметр и длину) и потребную мощность электродвигателя.

Производительность  $\Pi$  (т/ч) обоечной машины

$$\Pi = \pi KDLq,$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий размеры рабочей поверхности цилиндра,  $K = 0,8 \dots 0,95$ ;  $D$  — диаметр цилиндра, м;  $L$  — длина рабочей части цилиндра, м;  $q$  — удельная зерновая нагрузка, т/(ч·м<sup>2</sup>).

Удельная нагрузка зависит от особенностей обрабатываемой культуры, режима работы машины, типа бичевого барабана и материала цилиндрической обечайки.

Потребная мощность  $N$  (кВт) электродвигателя обоечной машины

$$N = \Pi n,$$

где  $\Pi$  — производительность, т/ч;  $n$  — удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т.

К основным расчетным параметрам щеточных машин относят производительность, окружную скорость щеточного барабана и потребную мощность.

Производительность  $\Pi$  (т/ч) щеточных машин с горизонтальной осью вращения определяют в зависимости от нагрузки на единицу внутренней поверхности щеточной деки, соприкасающейся с наружным диаметром щеточного барабана, по формуле

$$\Pi = K\pi RLq,$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий длину дуги деки;  $R$  — внутренний радиус деки, м;  $L$  — длина деки, м;  $q$  — удельная нагрузка на деку, т/(ч·м<sup>2</sup>).

В щеточных машинах типа БЩМ дуга деки имеет центральный угол 201°, соответственно  $K = 1,1$ . В этом случае формулу можно записать как

$$\Pi = 3,5RLq.$$



Потребную мощность  $N$  (кВт) для привода щеточного барабана ориентировочно можно определить по формуле

$$N = \Pi n,$$

где  $\Pi$  — производительность, т/ч;  $n$  — удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т.

#### 8.4. МАШИНЫ ДЛЯ ШЕЛУШЕНИЯ И ШЛИФОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**Вальцедековый станок СВУ-2** (рис. 8.10) предназначен для шелушения гречихи и проса. Имеет одну деку. Зерно шелушится между абразивным барабаном и неподвижной абразивной или резиновой декой.

Из приемного бункера 1 посредством питающего валка 2 и шарнирной заслонки 3 зерно, распределяясь по длине вращающегося барабана 4 и деки 5, попадает в рабочую зону 6. Основа барабана — цилиндр из листовой стали с угольниками 7, расположенными по образующим. Для регулирования размера и формы рабочей зоны служит механизм, состоящий из декодержателя 8 и подвижной части 9 суппорта, которые посредством гайки 10 и винта 11 могут перемещаться по суппорту 12. Поворачивая винт посредством штурвала 14, можно изменять размер и форму рабочей зоны станка. Это необходимо, например, для шелушения гречихи, когда требуется придать рабочей зоне серповидную форму.

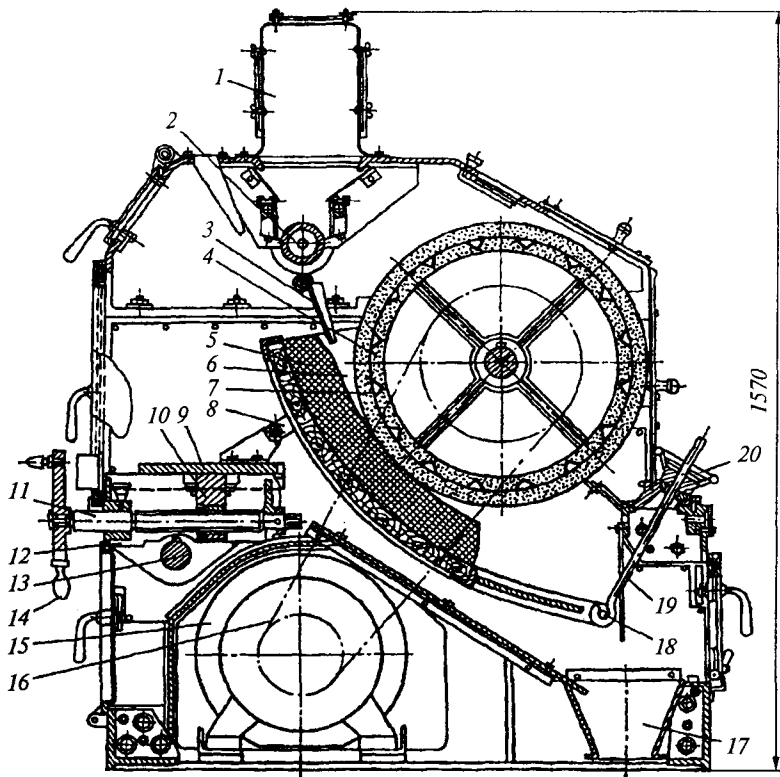


Рис. 8.10. Вальцедековый станок СВУ-2

В нижней части декодержателя установлены с обеих сторон штыри 18, соединенные с винтовой тягой 19. Поворачивая маховик 20, можно изменять положение деки и придавать рабочей зоне клиновидную форму — оптимальную для шелушения проса. Продукты шелушения удаляются из машины через патрубок 17. Машина приводится в движение от электродвигателя 15 через клиноремennую передачу 16. Для того чтобы снять деку, суппорт 12 вместе с декой поворачивают на соответствующий угол вокруг оси 13. Достаточно высоких технологических показателей достигают, применяя для шелушения гречихи песчаниковые барабан и деку, а для шелушения проса — абразивный барабан и эластичную деку из специальных резинотканевых пластин марки РТД.

Для шелушения гречихи необходимо через 24...36 ч насекаать песчаниковый барабан и деку бороздками глубиной 1,0...1,2 мм с наклоном 4...5° к образующей. Число бороздок принимают 4...6 на 1 см окружности барабана в зависимости от крупности обрабатываемых зерен. При шелушении проса нужно каждые 3...4 дня восстанавливать шероховатую поверхность абразивного барабана и притирать к валку прорезиненную деку.

Рабочая поверхность барабана при обработке: гречихи — песчаниковая, проса — абразивная. Рабочая поверхность деки при обработке: гречихи — песчаниковая, проса — резиновая. Форма рабочей зоны станка при шелушении: гречихи — серповидная, проса — клиновидная.

### Техническая характеристика вальцедекового станка СВУ-2

Производительность (кг/с) на первой системе при обработке:

гречихи . . . . .	1,2...1,4
проса . . . . .	1,40...1,66

Размеры барабана, мм:

диаметр . . . . .	600
длина:	
при обработке гречихи . . . . .	600
при обработке проса . . . . .	650

Частота вращения барабана (мин<sup>-1</sup>) при обработке:

гречихи . . . . .	440
проса . . . . .	485

Мощность электродвигателя, кВт . . . . .

10

Масса, кг . . . . .

1980

**Шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3** (рис. 8.11) предназначена для шелушения ржи и пшеницы при обойных помолах и ржаных сортовых помолах на мукомольных заводах, шлифования и полирования ячменя при выработке перловой крупы, шелушения ячменя на комбикормовых заводах. Ситовой цилиндр 4 машины установлен в корпусе 5 рабочей камеры, вал 3 с абразивными кругами 6 вращается в двух подшипниковых опорах 8 и 12. В верхней части он пустотелый и имеет шесть рядов отверстий, по восемь отверстий в каждом ряду.

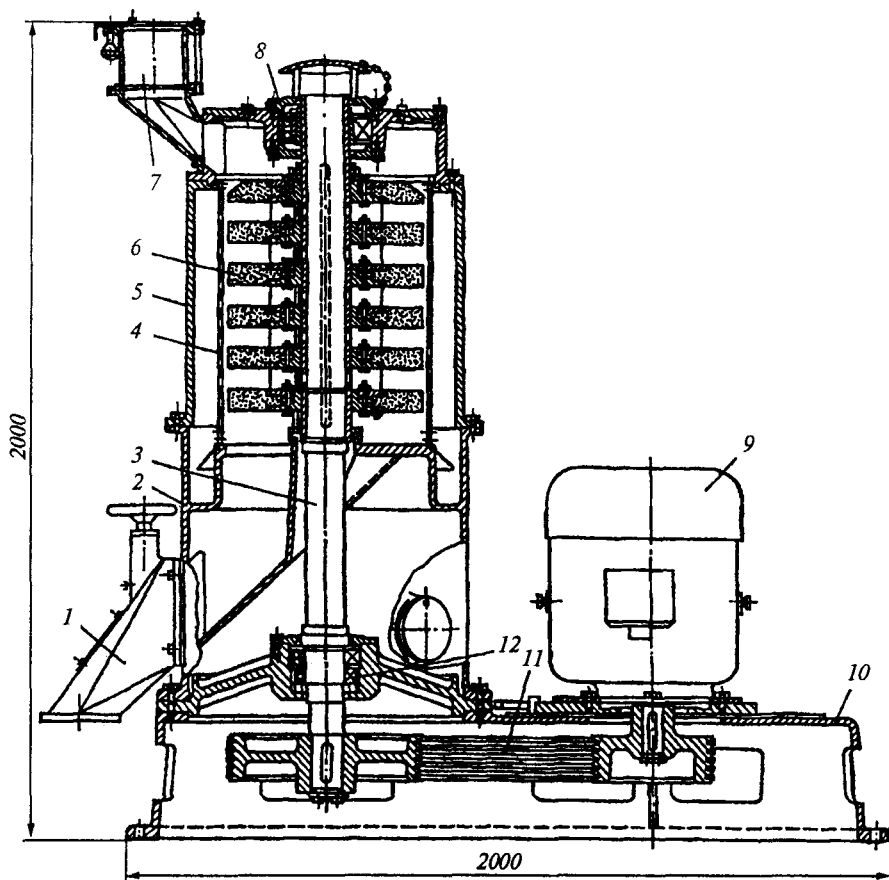


Рис. 8.11. Шелушильно-шлифовальная машина А1-3ШН-3

На машине установлены приемный 7 и выпускной 1 патрубки. Последний снабжен устройством для регулирования продолжительности обработки продукта. Отводящий трубопровод крепят к фланцу патрубка, установленного в зоне кольцевого канала (для вывода мучки) корпуса 2. Привод машины осуществляется от электродвигателя 9 через клиноременную передачу 11. Корпус 5 рабочей камеры присоединен к корпусу 2, который в свою очередь устанавливается на станине 10.

Зерно, подлежащее обработке, через приемный патрубок поступает в пространство между вращающимися абразивными кругами и неподвижным перфорированным цилиндром. Здесь благодаря интенсивному трению при продвижении зерна к выпускному патрубку происходит отделение оболочек, основная масса которых через отверстия перфорированного цилиндра и далее через кольцевую камеру удаляется из машины.

С помощью клапанного устройства, размещенного в выпускном патрубке, регулируют не только количество выпускаемого из машины продукта, но и одновременно время его обработки, производительность машины и технологическую эффективность процесса шелушения, шлифования и полирования. Воздух засасывается через пустотелый вал и имеющиеся в нем отверстия, проходит через слой обрабатываемого продукта. Вместе с оболочками и легкими примесями через ситовой цилиндр он поступает в кольцевую камеру и далее в аспирационную систему.

Одна из наиболее часто встречающихся неисправностей — повышенная вибрация машины, которая происходит из-за износа абразивных кругов. Большой износ кругов приводит также и к уменьшению интенсивности обработки. Поэтому за состоянием кругов необходимо тщательно следить и своевременно заменять их. При замене перфорированного цилиндра необходимо освободить от крепления только одну крышку, снять ее, а затем через образовавшуюся кольцевую щель вынуть цилиндр.

Шелушлильно-шлифовальные машины А1-ЗШН-3 выпускают в четырех исполнениях с абразивными кругами для различных размеров зерен (от 80 до 120).

### Техническая характеристика машины А1-ЗШН-3

Производительность, кг/с:	
при шелушении ржи и пшеницы . . . . .	0,85...1,2
при шлифовании и полировании ячменя . . . . .	0,85
при шелушении ячменя . . . . .	0,5
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> . . . . .	850
Окружная скорость абразивных кругов, м/с . . . . .	20
Количество абразивных кругов . . . . .	6
Диаметр абразивных кругов, мм . . . . .	450
Площадь ситового цилиндра, м <sup>2</sup> . . . . .	0,9
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	22,0
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,36
Габаритные размеры, мм . . . . .	2000×1000×2000
Масса, кг . . . . .	1700

**Шлифовальная машина А1-БШМ-2,5** (рис. 8.12) предназначена для шлифования риса-крупы. Шлифованию подвергается шелушенный рис с содержанием нешелушенных зерен не более 2%. Шлифовальная машина состоит из двух шлифовальных секций 15 и 19, смонтированных в корпусе, и рамы 4. Каждая шлифовальная секция имеет питатель 18, приемный патрубок 12, откидную крышку 16, ситовой барабан 9, шлифовальный барабан 8, разгрузитель и электродвигатель 20.

Машина снаружи закрыта стенками 1 и 7. Под шлифовальными секциями 15 и 19 установлен бункер 2 для сбора и вывода мучки из машины. Привод имеет защитное ограждение 13 и дверцу 14 для технического обслуживания.

В питателе 18 установлены две заслонки, одна из которых 17 открывает или перекрывает доступ продукта в машину, вторая 11 служит для регулирования количества подаваемого в машину продукта. Ситовой барабан 9 состоит из двух полуцилиндров. К каркасу каждого цилиндра крепят сито при помощи двух рядов гонков и винтов. Оба полуцилиндра стягивают между собой четырьмя лентами.

Шлифовальный барабан 8 набран из абразивных кругов. Со стороны поступления продукта он имеет шнековый питатель 10, а со стороны выхода — крыльчатку 5. Разгрузитель 6 представляет литой стакан с отверстием, которое перекрывается грузовым клапаном. На рычаге клапана по резьбе перемещается груз.

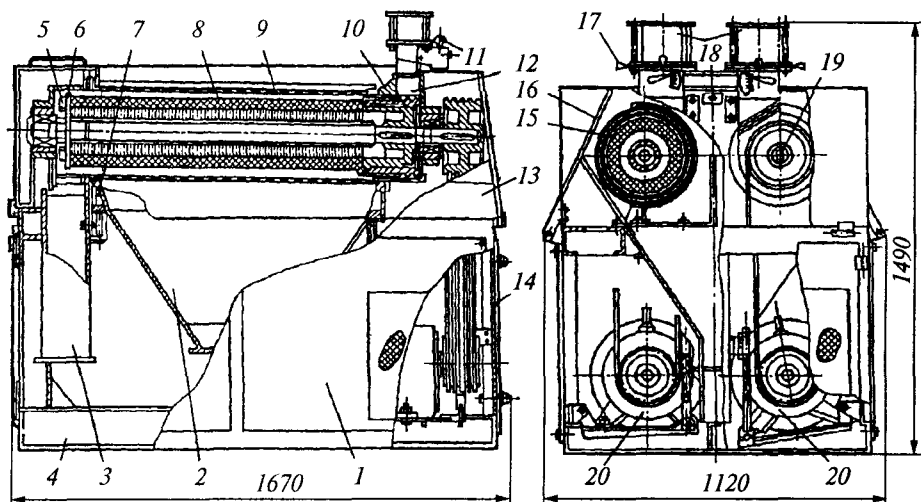


Рис. 8.12. Шлифовальная машина А1-БШМ-2,5

Рисовая крупа через питатель поступает в шлифовальную секцию и шнеком подается в рабочую зону, где, проходя между вращающимися шлифовальным и ситовым барабанами с гонками, подвергается шлифованию. Мучка при этом через сито просыпается в бункер 2 и выводится самотеком из машины. Шлифованная крупа, преодолевая усилие грузового клапана, поступает в патрубок 3 и также выводится из машины.

Настройка шлифовальной машины заключается в выборе оптимальной продолжительности обработки рисовой крупы. Для этого, как указано выше, разгрузители снабжены грузовыми клапанами, позволяющими путем изменения положения грузов на рычагах регулировать усилие подпора в рабочей зоне. Наблюдая визуально через люк разгрузочного патрубка за выходящим продуктом, а также за нагрузкой электродвигателя по показанию амперметра, подбирают требуемое усиление грузового клапана и положение нижней заслонки питателя.

### Техническая характеристика шлифовальной машины А1-БШМ-2,5

Производительность, кг/с . . . . .	0,97...1,22
Размеры барабана, мм:	
диаметр . . . . .	250
длина . . . . .	1000
Частота вращения барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	1200
Окружная скорость, м/с . . . . .	15,7
Количество секций . . . . .	2
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	17
Габаритные размеры, мм . . . . .	1670×1120×1490
Масса, кг . . . . .	1400

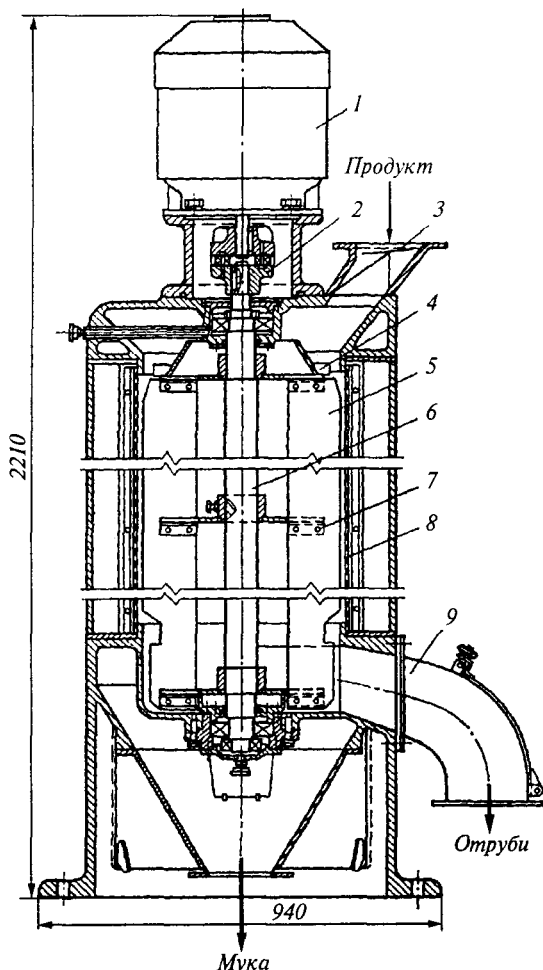


Рис. 8.13. Вертикальная бичевая машина ЗВО-1

**Инженерные расчеты.** Производительность вальцедекового станка  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = Lh\nu\rho k,$$

где  $L$  — длина барабана, м;  $h$  — средний размер рабочего зазора, м;  $\nu$  — скорость перемещения зерна в рабочей зоне,  $\nu = 1,5 \dots 2,5$  м/с;  $\rho$  — насыпная плотность зерна, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  — коэффициент заполнения рабочей зоны станка,  $k = 0,4 \dots 0,5$ .

Производительность  $\Pi$  (кг/ч) шелушителя непрерывного действия типа ЗШН определяют по формуле

$$\Pi = 3600\rho\nu_{\text{ср}}F\varphi,$$

где  $\rho$  — объемная масса продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $\nu_{\text{ср}}$  — средняя скорость продукта в рабочей зоне, м/с;  $\nu_{\text{ср}} = H/t$ ;  $H$  — высота рабочей зоны машины, м;  $t$  — время обработки продукта в рабочей зоне, с,  $t = 12 \dots 18$  с;  $F$  — площадь рабочего кольца, м<sup>2</sup>;  $F = \pi(D^2 - d^2)/4$ ;  $D$  — диаметр перфорированного цилиндра, м;  $d$  — диаметр абразивных кругов, м;  $\varphi$  — коэффициент заполнения рабочей зоны,  $\varphi = 0,92 \dots 0,96$ .

## 8.5. БИЧЕРУШКИ

**Бичевая машина ЗВО-1** (рис. 8.13) предназначена для вымола отрубянистых продуктов. Основной ее рабочий орган — ротор, образованный вертикальными бичами 5 и валом 6.

В состав машины входят: электродвигатель 1, гибкая муфта 2, приемный патрубок 3 для исходного продукта, лопатки 4 для разбрасывания продуктов, вертикальные бичи 5, вал 6, розетка 7 для крепления бича к валу, ситовой цилиндр 8 и выпускной патрубков 9.

Лопатки 4 распределяют поступающий продукт по периметру цилиндра 8. Затем продукт попадает под ударное действие вращающихся бичей. В результате ударов и истирания эндосперм отделяется от оболочек.

Продукт, полученный сходом с сетчатого цилиндра 8, удаляется в нижней части машины через боковой патрубков 9. Продукт, просеянный через сито, выходит из машины через центральную коническую воронку. Чтобы обеспечить эксплуатацион-

ную надежность, необходимо: исходный продукт до поступления в машину пропускать через магнитную защиту; равномерно загружать машину в пределах установленной производительности. Бичи должны вращаться по часовой стрелке. Аспирируется машина присоединением к аспирационной сети.

### Техническая характеристика машины ЗВО-1

Производительность, кг/с . . . . .	0,3...0,5
Удельная нагрузка ситовой поверхности, кг/(м <sup>2</sup> ·с):	
для крупных продуктов . . . . .	0,35...0,45
для мелких продуктов . . . . .	0,22...0,35
Размеры ситового цилиндра, мм:	
длина . . . . .	1000
диаметр . . . . .	400
Окружная скорость бичей, м/с . . . . .	28,5
Рабочий зазор, мм . . . . .	10
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	4,5
Масса, кг . . . . .	400

**Бичевые однороторные машины типа МБО** (рис. 8.14) предназначены для предварительного сортирования продуктов измельчения зерна после вальцовых станков (снижают нагрузки на рассевы I, II, III драных систем) и дополнительного отделения остатков эндосперма от оболочек при сортовых помолах пшеницы (снижают нагрузки на вальцовые станки последующих систем). Машины применяют на мукомольных заводах с механическим транспортом.

В корпусе 1 машины типа МБО расположен бичевой ротор 5, закрытый неподвижным ситовым цилиндром 7, опорой для которого служат съемные диски 6. Ротор состоит из вала, установленного в подшипниковых опорах, и бичей 4, расположенных на винтовой линии с шагом 10°35'. Рабочая плоскость бича развернута относи-

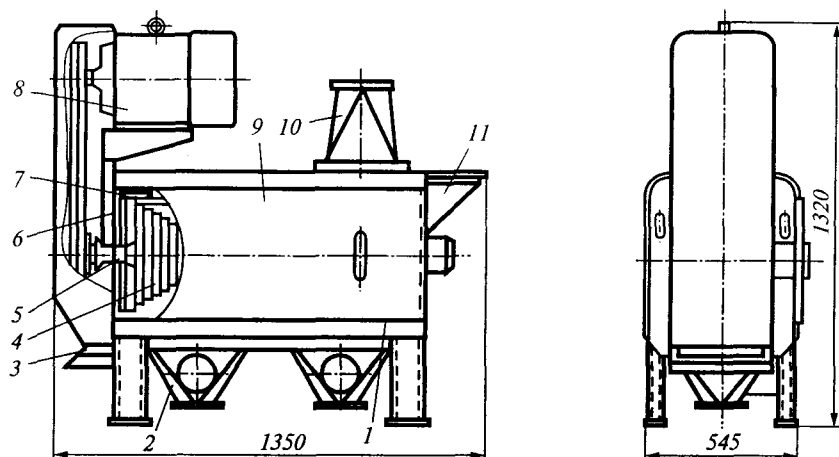


Рис. 8.14. Бичевая машина МБО-2

тельно оси вала на угол  $45^\circ$ . Ротор приводится во вращение от электродвигателя 8 через клиноременную передачу. Корпус машины закрыт дверкой 9 и снабжен патрубком 10 для аспирации.

Исходный продукт через приемный патрубок 11 поступает в ситовый цилиндр 7, подхватывается бичами 4 ротора 5 и равномерно распределяется под действием центробежных сил по поверхности цилиндра 7. Отделение эндосперма от оболочек происходит в результате соударения и интенсивного трения частиц между собой и о поверхность цилиндра.

Отделившийся эндосперм и частицы оболочек, размер которых меньше размера отверстия сита, просеиваются и удаляются из машины через выпускные патрубки 2, а частицы, не прошедшие через отверстия сита, транспортируются вдоль машины бичами и удаляются через выпускной патрубок 3.

Техническая характеристика бичевых машин типа МБО приведена в табл. 8.2.

Таблица 8.2. Техническая характеристика бичевых машин типа МБО

Показатель	МБО	МБО-1	МБО-2	МБО-3
Производительность, т/ч	5,0...5,5	4,5...5,0	3,0...4,0	2,5...3,0
Ротор:				
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1200	1200	1200	1730
диаметр, мм	330	330	330	330
Количество пар бичей на роторе, шт.	34	34	34	34
Диаметр ситового цилиндра, мм	20	20	20	30
Номер сит полотна	354	354	354	354
Зазор между ротором и ситовым цилиндром, мм	30	25	20	10
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	5,5	4,0	4,0
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /ч	306,0	306,0	306,0	306,0
Габаритные размеры, мм	135×545× ×1320	135×545× ×1320	135×545× ×1320	135×545× ×1320
Масса, кг	285	285	275	275

**Бичевая машина А1-БВУ** (рис. 8.15) предназначена для отделения частиц эндосперма зерна от оболочек в верхних сходовых продуктах драных систем (II драная крупная и III драная мелкая) при переработке пшеницы в сортовую муку.

Машина состоит из металлического корпуса 9, разделенного на две одинаковые по конструкции секции, и электродвигателя 14. Каждая секция включает неподвижный ситовый цилиндр 8, внутри которого расположен вертикальный бичевой ротор 2, приемное устройство 4, выпускной патрубок 11 и дверка 10.

Бичевой ротор представляет собой пустотелый цилиндр, закрепленный на вертикальном валу 1 шпонкой и хомутом; по наружной поверхности ротора равномерно и поочередно расположены вертикально три регулируемых бича 7 и три ряда гонков 3. Подвижный бич состоит из двух прямоугольных металлических полос, одна из которых является несущей и приварена к наружной поверхности цилиндра под углом  $20^\circ$  к его радиусу, а другая закреплена на ней болтовыми соединениями. Увеличивают или уменьшают высоту бича, переставляя полосы на соответствующие отверстия.



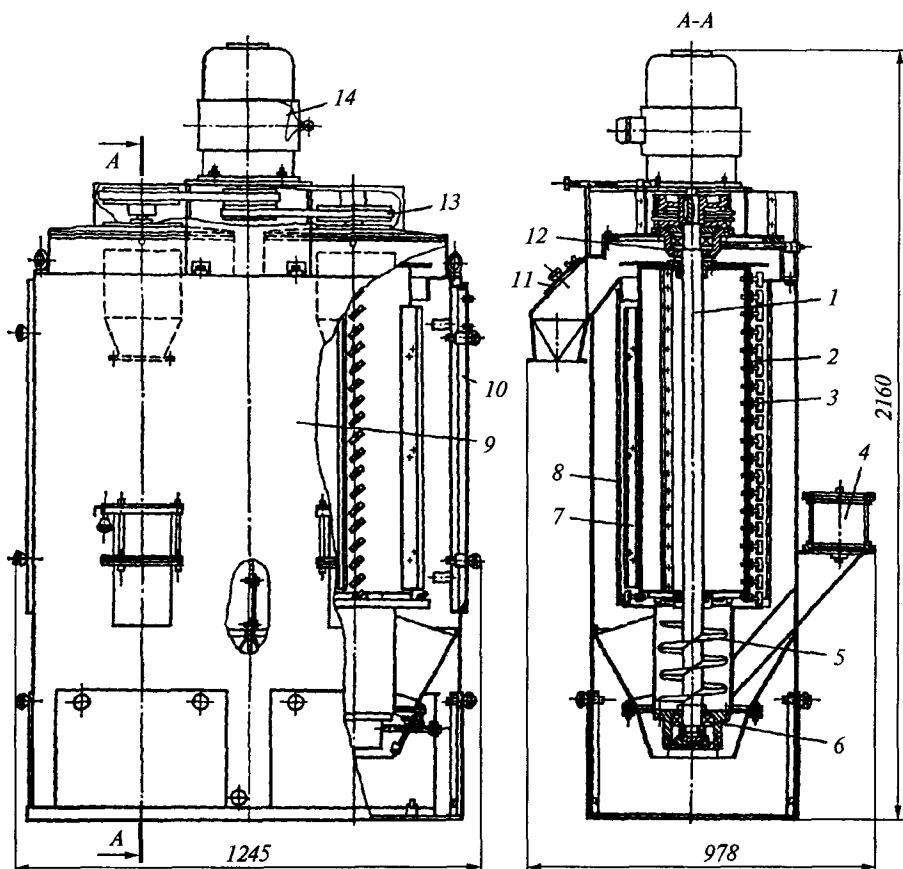


Рис. 8.15. Бичевая вымольная машина А1-БВУ

Гонки представляют собой плоские прямоугольные пластины, приваренные под углом  $20^\circ$  к оси стержня, который крепят к наружной поверхности цилиндра резьбовым соединением и фиксируют контргайкой, что позволяет увеличивать или уменьшать высоту и угол наклона гонка. Впереди каждого ряда гонков под углом  $20^\circ$  к радиусу цилиндра приварен нерегулируемый бич, аналогичный несущей полосе регулируемого бича.

В нижней части цилиндра на валу расположен однозаходный винтовой шнек 5, служащий для подачи исходного продукта в рабочую зону, образуемую наружной поверхностью бичевого барабана и внутренней поверхностью ситового цилиндра. Бичевой ротор вращается в нижнем 6 и верхнем 12 подшипниковых узлах. Нижний подшипниковый узел состоит из корпуса, радиального и упорного шарикоподшипников с подкладными кольцами и крепится к корпусу шнека. Исходный продукт подают в рабочую зону через наклонный патрубок приемного устройства. Для предотвращения попадания продукта и пыли в нижний подшипниковый узел предусмотрена уплотнительная манжета и на валу установлена специальная втулка.

Верхний подшипниковый узел состоит из корпуса, радиального подшипника, крышки и крепится к верхней съемной крышке корпуса машины. Вращение обоих роторов происходит от фланцевого электродвигателя 14 через клиноременную пере-

дачу 13. Ситовой цилиндр выполнен из разъемного ситового полотна. В рабочем состоянии он охватывает специальные основания в корпусе машины и закрепляется болтовыми соединениями по линии разъема.

Для очистки от завалов в ситовом цилиндре предусмотрено отверстие, которое закрывается задвижкой, выполненной из ситового полотна. На верхнем основании корпуса машины имеются четыре отверстия с заглушками, которые предназначены для очистки пространства между наружной поверхностью цилиндра и внутренними стенками корпуса в случае завала проходным продуктом. Дверки крепят к корпусу машины на петлях и в рабочем положении фиксируют ручками.

Принцип работы бичевой вымольной машины заключается в следующем. Исходный продукт через приемное устройство самотеком поступает в цилиндр и шнеком подается в рабочую зону. В результате ударного действия вращающихся бичей и угла наклона гонков происходит интенсивное перемешивание, истирание и перемещение исходного продукта по винтовой линии вверх от приема к выходу. При этом происходит отделение частиц эндосперма от оболочек.

Продукт, полученный сходом с ситового цилиндра, выводится из машины через верхний патрубок, а продукт, просеявшийся через отверстия ситового цилиндра, выходит через нижний патрубок. Изменением угла наклона и высоты гонков, уменьшением или увеличением зазора между подвижными бичами и внутренней поверхностью ситового цилиндра можно регулировать время пребывания исходного продукта в рабочей зоне и интенсивность вымола отрубянистых продуктов.

### Техническая характеристика машины А1-БВУ

Производительность, кг/с . . . . .	0,7
Частота вращения бичевого барабана, мин <sup>-1</sup> . . . . .	1065
Внутренний диаметр ситового цилиндра, мм . . . . .	400
Площадь ситовых цилиндров, м <sup>2</sup> . . . . .	2,2
Диаметр отверстий сит цилиндра, мм . . . . .	1,1
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	4
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,11
Масса, кг. . . . .	615

**Инженерные расчеты.** Энергию  $E$  (Дж), отдаваемую билом при ударе, определяют из уравнения

$$E = G(v_n^2 - v_k^2) / 4 = E_0 K_1 Z,$$

где  $G$  — масса била, кг;  $v_n, v_k$  — начальная и конечная скорости била, м/с;  $E_0$  — энергия, необходимая для отделения эндосперма от оболочек, Дж;  $K_1$  — коэффициент, учитывающий потери;  $Z$  — количество объектов, извлекаемых за один удар бича.

Мощность двигателя бичевых машин  $N$  (кВт) находят по формуле

$$N = 2(N_1 + N_2 + N_3)\eta_a / \eta,$$

где  $\eta_a$  — КПД механических передач;  $\eta$  — КПД привода;  $N_1$  — мощность, расходуемая на возмещение энергии бил, кВт;

$$N_1 = 10^{-3} E_0 \varphi Z n,$$

здесь  $\varphi$  — доля одновременно работающих бил;  $Z$  — количество бил на каждом роторе;  $n$  — частота вращения ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $N_2$  — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления бил о воздух, кВт,

$$N_2 = 1,25 \cdot 10^{-4} C_p d \omega^3 Z (R_1^4 - R_2^4),$$

здесь  $C$  — коэффициент обтекания рабочих органов;  $\rho$  — плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $d$  — размер стороны квадрата, м;  $\omega$  — угловая скорость вращения ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $Z$  — количество бил;  $R_1, R_2$  — внешний и внутренний радиусы, описываемые билами, м;  $N_3$  — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления о воздух пластин, подерживающих била, кВт,

$$N_3 = 10^{-3} C_0 \rho z s v^3,$$

здесь  $C_0$  — коэффициент обтекания пластины;  $z$  — количество пластин на роторе;  $s$  — лобовая поверхность опорной пластины,  $\text{м}^2$ ;  $v$  — окружная скорость вращения центра тяжести пластин,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $\rho$  — плотность материала пластины,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

## 8.6. ГРЕБНЕОТДЕЛИТЕЛИ

**Дробилки-гребнеотделители валкового типа ВДГ-20** (рис. 8.16) с восьмиплоскостными валками состоят из приемного бункера 2, цилиндра гребнеотделителя 4, вала 5 с бичами 6 и выходного лотка 7. Их используют при обработке винограда.

Чаще всего применяют профильные валки, геометрия и кинематические условия действия которых способствуют целесообразному приложению внешних сил к перерабатываемым гроздьям винограда. При попадании между выступами и впадинами валков гроздь приобретают значительно меньшие относительные скорости и подвергаются меньшему перетиранию. Рабочий процесс дробления приближается к наиболее рациональному варианту — раздавливанию гроздьев в результате параллельного сближении плоских дробящих поверхностей.

В дробилке предусмотрен механизм, позволяющий регулировать зазор между валками 1 и 3, а также блокирующее устройство в виде фрикционной или кулачковой муфты, разрывающей кинематическую цепь привода валков при возникновении аварийной ситуации.

Гребнеотделитель представляет собой горизонтальный перфорированный цилиндр 4, внутри которого по оси смонтирован ротор-вал 5 с бичами 6, закрепленными на одно- или двухзаходной прямой винтовой поверхности. Основные достоинства этого рабочего органа — высокая технологическая эффективность, простота конструкции, компактность, эксплуатационная надежность и др. Кроме того, его конструктивные особенности позволяют использовать относительно невысокие скорости воздействия на виноград при отделении гребней, что благоприятно отражается на качестве получаемого сусла.

Все детали машины, соприкасающиеся с суслом и мезгой, изготовлены из коррозионно-стойких сталей или других материалов, инертных к винной среде.

Количество бичей на длине шага витка ротора при расположении их по однозаходной винтовой поверхности в известных конструкциях принято 8, 12, 16 или 20, при этом межбичевое расстояние меняется в пределах от 25 до 31 мм, а шаг витка — от 200 до 570 мм. Важнейший кинематический параметр — частота вращения ротора — также изменяется в широком диапазоне — от 120 до 200  $\text{мин}^{-1}$ , а в некоторых случаях достигает и еще большей величины.

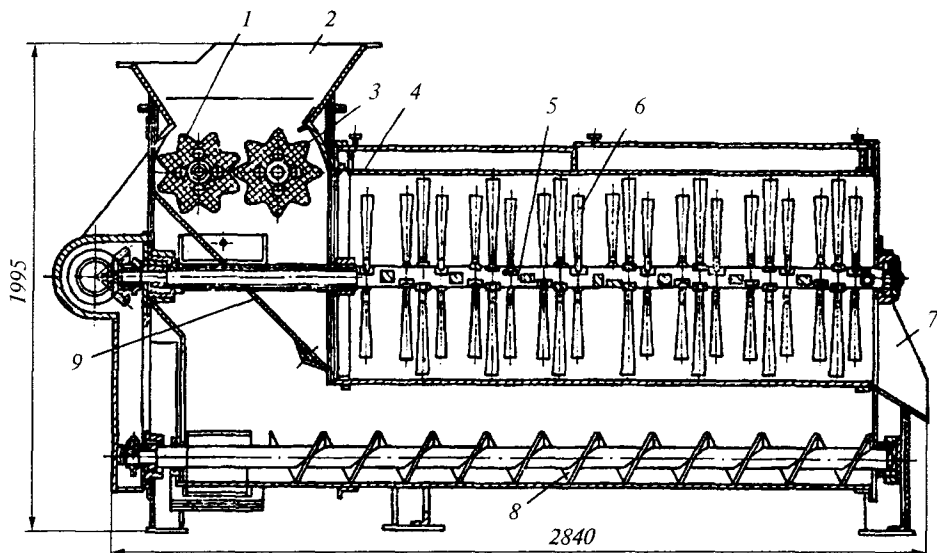


Рис. 8.16. Дробилка-гребнеотделитель ВДГ-20

Прочность ягод винограда при ударном воздействии бича дробильно-гребнеотделяющей машины может быть охарактеризована величиной относительной скорости соударения, вызывающей разрушение ягоды. Ее значение в зависимости от степени зрелости винограда колеблется в пределах 4...9 м/с. В результате удара с такой скоростью все ягоды разрушаются настолько, что обеспечивается свободный выход из них сока.

Установлено, что наиболее эффективный способ гребнеотделения состоит в сочетании ударного воздействия на продукт с протиранием его по сепарирующей поверхности рабочих органов.

Эффективность работы гребнеотделителя во многом зависит от конструкции гребнеотделяющего устройства. Применение двухзаходных бичей повышает их захватывающую способность и линейную скорость продукта.

Дальнейшее увеличение производительности ограничивается условиями захвата продукта на входе гребнеотделяющего устройства, которые ухудшаются с повышением частоты вращения ротора.

### Техническая характеристика дробилки-гребнеотделителя ВДГ-20

Производительность, т/ч . . . . .	20
Диаметр валков, мм . . . . .	317
Длина валков, мм . . . . .	500
Частота вращения валков, мин <sup>-1</sup> . . . . .	62,5
Диаметр разгрузочного шнека, мм . . . . .	200
Шаг шнека, мм . . . . .	190
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup> . . . . .	147
Установленная мощность, кВт . . . . .	4,0
Габаритные размеры, мм . . . . .	2840×1870×1995
Масса, кг . . . . .	1425

**Ударно-центробежная дробилка-гребнеотделитель ЦДГ-30** (рис. 8.17) предназначена для дробления винограда за счет удара по нему бичей гребнеотделяющего устройства и истирания его о стенки этого устройства.

Окружная скорость вращения лопастей должна обеспечить разрушение ягоды в момент удара. Особенностью дробилок-гребнеотделителей такого типа является совмещение дробления и гребнеотделения в одном рабочем органе и использование независимых приводов вала с бичами и гребневыносных лопастей.

Основной рабочий орган машины — ротор — представляет собой вертикальный вал 6 с дробильными бичами 7, на нижнем конце которого закреплена крестовина 1. Каждая пара бичей, смонтированных на вертикальном валу 6, расположена под прямым углом к соседней. На крестовине 1 установлены вертикальные гребневыносные лопасти 9, изогнутые по спирали. Эти лопасти крепятся к цилиндру 8. Назначение гребневыносных лопастей — тщательное отделение остатков кожицы и ягод от гребней, поступивших в кольцевое пространство между перфорированным стаканом 4 и малым сплошным цилиндром 8, транспортировка гребней к выходной горловине и удаление их из машины. Внутренняя поверхность цилиндра 8 выполнена гладкой. В состав дробилки-гребнеотделителя входят также корпус 2, труба 3 и бункер 5.

После удара бича гроздь приобретает значительную скорость и выходит из дробильной камеры, минуя остальные бичи. Основная работа по разрушению ягод и гребнеотделению осуществляется в процессе транспортирования гроздей спиральными лопастями к выходному отверстию для гребней, которое сопровождается интенсивным истиранием гроздей по поверхности перфорированного барабана.

Сравнительные испытания валковых и ударно-центробежных дробилок-гребнеотделителей показали, что последние обеспечивают более высокий выход сусла-самотека, так как степень измельчения винограда в них значительно выше, однако более интенсивное механическое воздействие на виноград сопровождается образованием мельчайших частиц кожицы и гребней, которые переходят в сусло, образуя трудноосаждаемые взвеси. Это снижает качество виноматериалов и является недостатком ударно-центробежных машин.

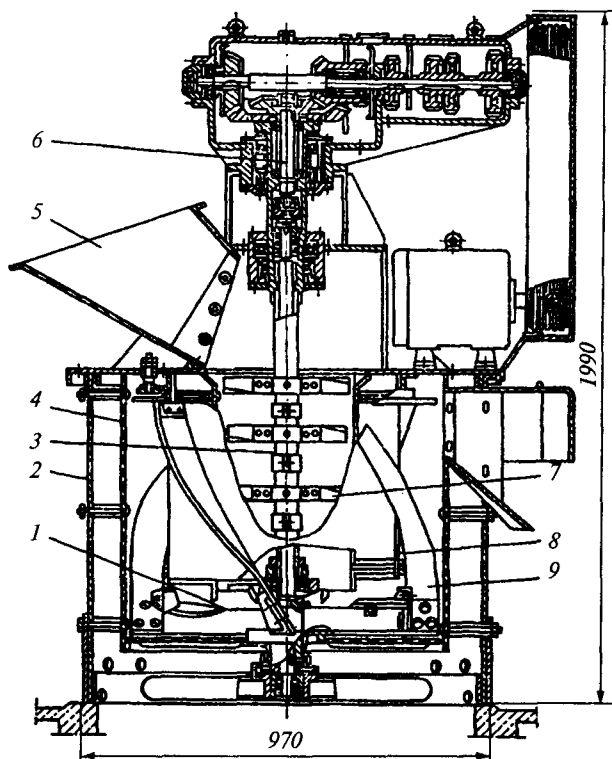


Рис. 8.17. Ударно-центробежная дробилка-гребнеотделитель ЦДГ-30

К недостаткам этих машин следует отнести также повышенное содержание дубильных веществ в сусле, что особенно нежелательно при выработке высококачественных виноматериалов, и большое окисление сусла. Эти машины следует применять для переработки винограда красных сортов с недостаточным содержанием красящих и дубильных веществ, а также при переработке винограда для приготовления ординарных вин.

### Техническая характеристика дробилки-гребнеотделителя ЦДГ-30

Производительность, т/ч . . . . .	30
Частота вращения дробильных бичей, мин <sup>-1</sup> . . . . .	62,5
Установленная мощность, кВт . . . . .	10,0
Габаритные размеры, мм . . . . .	1240×970×1990
Масса, кг . . . . .	1725

**Инженерные расчеты.** Производительность  $\Pi$  (кг/с) валковых дробилок определяется пропускной способностью валков. Для цилиндрических валков

$$\Pi = v_{\text{ср}} \delta l \rho \varphi,$$

где  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость продукта через зазор между валками, м/с;  $\delta$  — зазор между валками, м;  $l$  — длина валка, м;  $\rho$  — насыпная плотность винограда, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi$  — поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность питания валков продуктом, заполнение щели и т. п. ( $\varphi = 0,7 \dots 0,8$ ).

Энергия в валковой дробилке-гребнеотделителе расходуется на преодоление сопротивления вращению валков и отделение ягод от гребней.

Мощность привода  $N$  (кВт) валковой дробилки-гребнеотделителя

$$N = (M_p + M_{\text{тр}}) n / 9740 \eta,$$

где  $M_p$  — момент для преодоления сопротивления деформации продукта:

$$M_p = P D \sin \alpha / 2,$$

здесь  $P$  — распорное усилие, Н;  $D$  — диаметр валков, м;  $\alpha$  — угол захвата, град;  $M_{\text{тр}}$  — момент сопротивления трения в подшипниках с учетом силы тяжести валков и распорных усилий:

$$M_{\text{тр}} = \mu (P + G_a) d,$$

где  $\mu$  — коэффициент трения в подшипниках;  $G_a$  — сила тяжести валка, Н;  $d$  — диаметр цапфы валка, м.

Мощность, затрачиваемая на отделение гребней  $N$  (кВт)

$$N = 10^{-3} \Pi a,$$

где  $\Pi$  — производительность гребнеотделителя, кг/с;  $a$  — удельная работа гребнеотделения, Н·м/кг, определяемая по формуле

$$a = A e^{B \delta},$$

где  $\delta$  — зазор между валками, мм;  $A$  и  $B$  — экспериментальные коэффициенты.

Для расчета производительности пользуются лишь формулой для определения пропускной способности  $Q$  (кг/с) выгрузочных лопастей для гребней

$$Q = \frac{\pi(D_n^2 - d^2)h \sin \alpha}{4} \cdot \frac{n}{60} \cdot \rho \psi \varphi + q,$$

где  $D_n$  — условный диаметр наклонных лопастей, м;  $d$  — наружный диаметр среднего цилиндра дробилки, м;  $h$  — средняя высота наклонных лопастей, м;  $\alpha$  — угол наклона лопастей, град;  $n$  — частота вращения лопастей, мин<sup>-1</sup>;  $\rho$  — плотность мезги с гребнями, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi$  — коэффициент заполнения мезгой рабочего пространства ( $\psi = 0,85$ ),  $\varphi$  — коэффициент, учитывающий снижение окружной скорости и неравномерность подачи винограда в дробилку ( $\varphi = 0,7$ );  $q$  — доля мезги и суслу, уходящая через отверстия в дне большого цилиндра в месте подачи винограда шнеком, т/ч.

### 8.7. МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ КАРТОФЕЛЯ И КОРНЕПЛОДОВ

**Картофелечистка КНА-600М** (рис. 8.18) предназначена для удаления кожуры с клубней картофеля.

Картофелечистка состоит из рамы 1, ванны 2, наружного каркаса 3, привода рабочих валиков 4, внутреннего каркаса 5 и душевого устройства 6.

Рама является основанием, на котором крепятся все узлы машин. На раме установлена ванна, имеющая форму четырехгранной усеченной пирамиды.

Наружный каркас образуется из боковины, привода валов, передней и задней стенок, закрепленных на раме.

Привод рабочих валиков включает электродвигатель, клиноременную и зубчатую передачи. Рабочие валики состоят из стальных стержней и насаженных на них абразивных роликов. Валики расположены так, что образуют четыре секции.

Внутренний каркас сварен из листовой нержавеющей стали и состоит из двух стенок с поперечными перегородками, в которых предусмотрены окна, ширину которых можно изменять с помощью выдвижной заслонки. Такая же заслонка установлена перед разгрузочным окном. Над каждой секцией расположено душевое устройство.

При работе машины откалиброванный картофель непрерывно загружается через окно в первую секцию и попадает на быстровращающиеся абразивные валики.

Клубни картофеля, вращаясь вокруг собственной оси, поднимаются по валикам секции, наталкиваются на перегородку и падают обратно во впадину секции. Совершая такое движение, клубни продвигаются вдоль валиков к окну, так как поджимаются вновь поступающим картофелем. Пройдя к окну, клубни попадают во вторую секцию, где совершают такой же путь в противоположную по ширине машины сторону. Пройдя через все четыре секции, клубни подходят к разгрузочному окну и по лотку выходят из машины.

Продвигаясь к машине, клубни непрерывно трутся об абразивные ролики и отмываются водой из душа, благодаря чему кожура с клубней сдирается и смывается. Картофель выходит из машины полностью очищенным, исключение составляют глазки и глубокие впадины. После выхода картофеля из машины проводят доочистку глазков.

Для снижения процента отходов, расхода воды и увеличения срока службы абразивных роликов картофель должен быть предварительно вымыт.

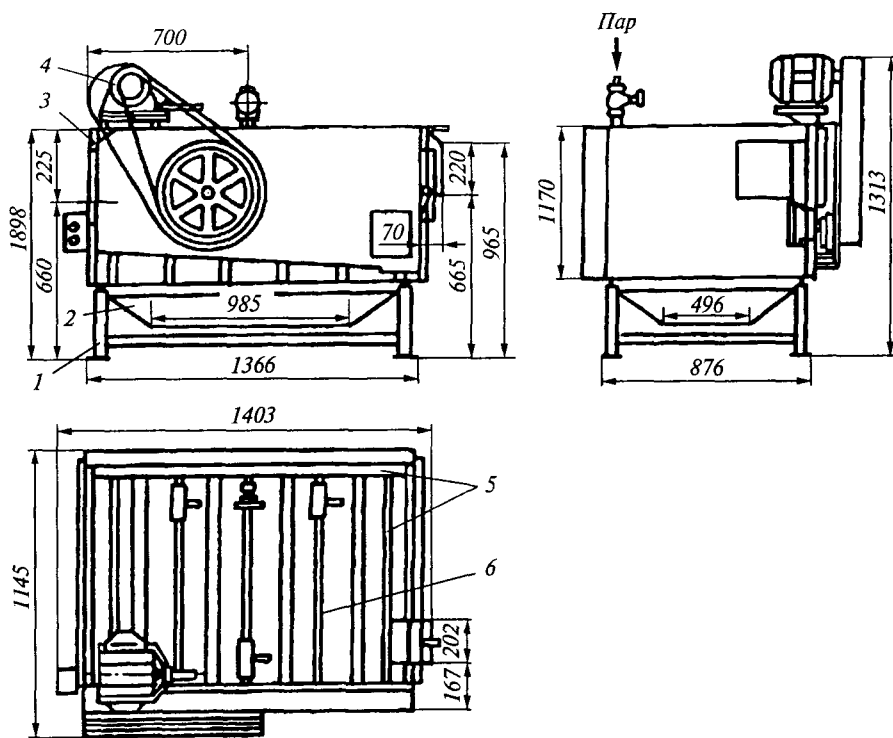


Рис. 8.18. Картофелечистка КНА-600М

Для получения качественной очистки необходимо регулировать время пребывания картофеля в машине, что осуществляется изменением ширины окон в перегородках и ширины разгрузочного окна. При наладке также регулируется расход воды, который устанавливается минимальным, но достаточным для получения чистого картофеля.

В процессе работы машины абразивные ролики истираются, в результате чего зазор между ними увеличивается до 10...12 мм. В этом случае необходимо произвести замену роликов на каждом нечетном валу, благодаря чему зазор уменьшается до 5 мм. При повторном увеличении зазора до 10...12 мм ролики заменяются уже на четных валах, и машина снова работает до предельного зазора, после чего меняются ролики на нечетных валах и т.д.

Техническая характеристика картофелечистки КНА-600М приведена в табл. 8.3.

Таблица 8.3. Техническая характеристика машин для очистки сырья

Показатель	КНА-600М	МОК-125	МОК-250	А9-КЧП	М8-КЗП
Производительность, кг/ч	600...800	125	250	3000	1500...2000
Частота вращения рабочих органов, с <sup>-1</sup>	104,7	37,7	37,7	—	88,9
Установленная мощность, кВт	3,0	0,40...0,37	0,55...0,60	1,37	2,05
Габаритные размеры, мм:					
длина	1490	530	630	1740	2100
ширина	1145	380	440	690	860
высота	1315	835	920	1500	1300
Масса, кг	480	85	105	322	460



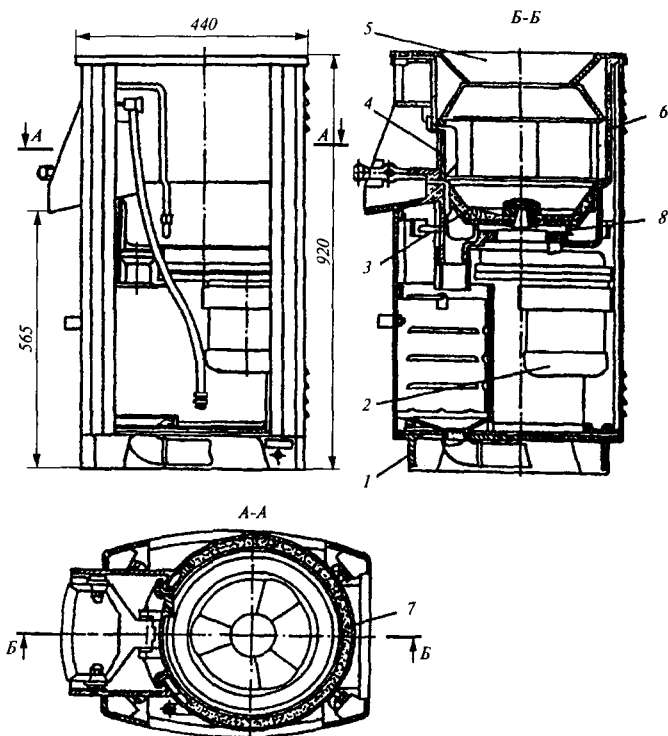


Рис. 8.19. Машина МОК-250

**Машина МОК-250** (рис. 8.19) предназначена для очистки картофеля и корнеклубнеплодов от кожуры.

Основными узлами машины является рабочая камера *б* с абразивными сегментами *7* и разгрузочной дверцей *4*, вращающийся рабочий орган *8*, привод *2*, крышка загрузочная *5*, станина *1* и стойки.

Рабочая камера представляет собой литой цилиндрический корпус с верхним фланцем для установки корпуса на стойках и крепления облицовок, с внутренним дном-чашей для сбора отходов. Конический рабочий орган представляет собой литой алюминиевый корпус, на внутренней поверхности которого установлена абразивная чаша *3*. Дно чаши имеет три радиальных выступа для улучшения перемешивания клубней. Дно корпуса имеет бобышку с коническим отверстием и шпоночными пазы для крепления конуса на вертикальном валу привода, а с нижней стороны две лопасти для удаления отходов из рабочей камеры.

Загрузочная крышка *5* выполнена в виде конического бункера с отверстием для загрузки картофеля, закрываемым откидной крышкой.

Крышка *5* имеет кольцевой конический отбойник для направления движения клубней от боковых стенок камеры к ее центру. В отбойнике имеется отверстие для подачи воды в камеру.

Привод машины состоит из электродвигателя и клиноременной передачи. В целях предотвращения попадания воды из рабочей камеры в привод и электродвигатель применены армированные резиновые манжеты, установленные на вертикальном валу привода. Основание машины — литое, в виде плиты на ножках.

Работа машины зависит от ряда факторов. Наилучшими условиями для работы машины являются: использование предварительно отсортированного, откалиброванного и вымытого картофеля. На поверхности абразивного инструмента не должно быть резко выраженных острых выступов и впадин, выкрашивания зерен, гладких засаленных поверхностей; места стыков отдельных абразивных сегментов не должны иметь острых выступающих граней.

Техническая характеристика картофелечисток типа МОК приведена в табл. 8.3.

**Инженерные расчеты.** Пропускная способность картофелечисток непрерывного действия  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = v\alpha_0\rho F,$$

где  $v$  — скорость движения клубней в машине, м/с;  $\alpha_0$  — коэффициент использования максимальной производительности;  $\rho$  — плотность клубней, кг/м<sup>3</sup>;  $F$  — площадь рабочей зоны камеры, м<sup>2</sup>.

Мощность двигателя картофелечисток  $N$  (кВт) определяют для максимальной их загрузки по формуле

$$N = 2 \cdot 10^{-3} K_{\tau} R P_y Z n_c v / \eta,$$

где  $K_{\tau}$  — коэффициент трения скольжения клубней об абразивную поверхность;  $R$  — радиус абразивной чаши, м;  $P_y$  — удельное давление, Н/м;  $Z$  — количество клубней, одновременно находящихся в машине;  $n_c$  — количество скребков;  $v$  — окружная скорость абразивной чаши, м/с;  $\eta$  — КПД привода.

## 8.8. МАШИНЫ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ШЕЛУХИ И ПЛОДОНОЖЕК

**Машина А9-КЧП** (рис. 8.20) предназначена для разделения головок чеснока на дольки, очистки их от шелухи и отвода ее в специальный сборник.

Машина А9-КЧП представляет собой агрегат непрерывного действия роторного типа, состоящий из установленных на станине загрузочного бункера 2, узла очистки 3, устройства 1 для отвода и сбора шелухи и выносного инспекционного транспортера 4. Передняя стенка загрузочного бункера 2 выполнена в виде плоского шибера, с помощью которого регулируется подача продукта в приемник.

Дно бункера состоит из двух частей: неподвижной и подвижной, которая качается вокруг оси, обеспечивая непрерывную подачу продукта из бункера в приемник. Узел очистки 3 состоит из четырех вращающихся рабочих камер, каждая из которых представляет собой цилиндр, состоящий из алюминиевого корпуса и внутренней сменной вставки. Вставка устанавливается по направляющему штифту в корпус, что обеспечивает совпадение отверстий для подачи сжатого воздуха в корпусе и во вставке, и удерживается в корпусе фиксатором. Днищем камеры служит нижний неподвижный диск, а крышкой — средний неподвижный диск из текстолита. Каждая камера имеет свой объемный дозатор, с которым сообщается через отверстие в среднем неподвижном диске.

Сжатый воздух в рабочие камеры подается с помощью сопел, обеспечивающих достижение сверхзвуковых скоростей струи воздуха. Отсечка и подача сжатого воздуха в камеры осуществляются цилиндрическим золотником на полом валу.

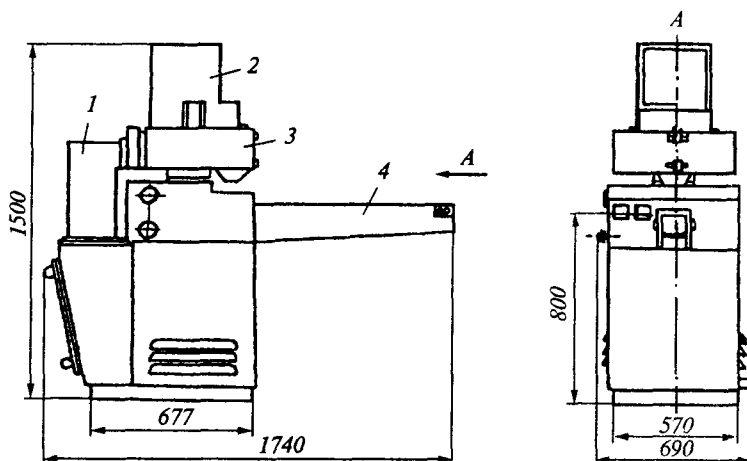


Рис. 8.20. Машина А9-К4П для очистки чеснока

Устройство для отвода и сбора шелухи состоит из воздуховода и вентилятора, посредством которых осуществляется отсос шелухи из узла очистки. Удаляемая шелуха собирается в мешке, установленном в герметичной камере станины, соединенной со всасывающим патрубком вентилятора.

Машина работает следующим образом. Чеснок в головках подается в загрузочный бункер вместимостью 8...10 кг, днище которого совершает колебательные движения и обеспечивает равномерное поступление продукта в питатель, а оттуда в дозаторы. Полностью загруженный бункер обеспечивает 10...12 мин непрерывной работы машины. Вращающиеся с диском четыре дозатора, периодически проходя под питателем, заполняются чесноком. После выхода из-под загрузочного отверстия камера перекрывается сверху диском, образуя замкнутую полость, в которую подается сжатый воздух. Удовлетворительная очистка сухих головок чеснока производится при рабочем давлении сжатого воздуха  $(2,04...2,55) \cdot 10^5$  Па. Увлажненный чеснок требует давления до  $(3,06...4,08) \cdot 10^5$  Па. Очищенный в камере чеснок через выгрузочное отверстие подается на инспекционный ленточный транспортер 4. В зависимости от сорта чеснока, поступающего на очистку, цикл работы каждой камеры по времени составляет 10...12 с. Из указанного времени цикла 6...8 с расходуется непосредственно на очистку, в остальное время воздух в камеру не поступает, а производится выгрузка очищенного чеснока и затем загрузка новой дозы чеснока для очистки.

Техническая характеристика машины А9-К4П для очистки чеснока приведена в табл. 8.3.

**Машина М8-К3П** (рис. 8.21) предназначена для отделения плодоножек вишен, черешен, слив. Машина М8-К3П состоит из тележки 9, рамы 8, привода рабочих валиков 7, ворошителя 5.

Тележка 9 имеет три колеса 10, а в рабочем положении дополнительно устанавливается на двух выдвигных пятах 11. В верхней части тележки на качающихся опорах подвешена рама 8, на которой установлены коробка передач 3, обрешиненные рабочие валики в подшипниковых узлах и ворошитель 5. Привод рабочих валиков включает в себя электродвигатель 1, клиноременную передачу 2 и коробку передач 3.

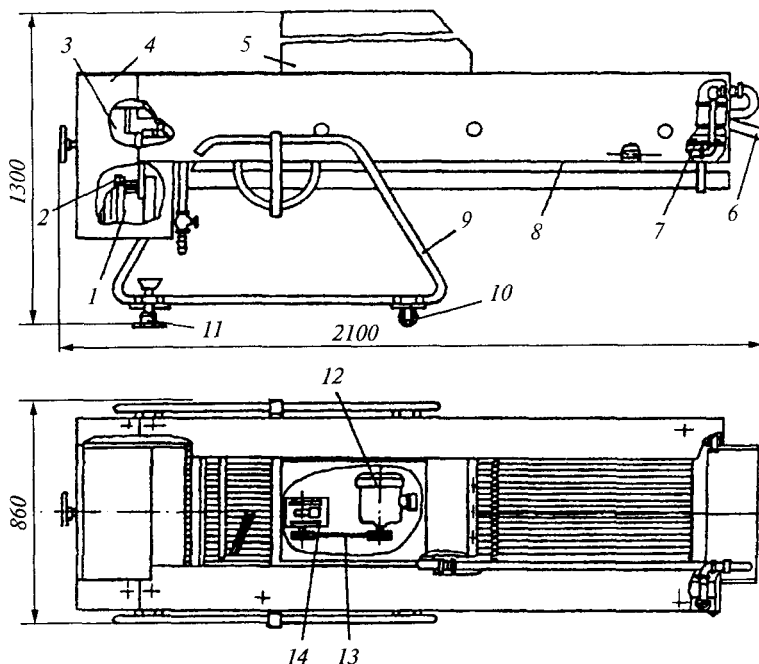


Рис. 8.21. Машина М8-КЗП для отделения плодоножек

Коробка передач состоит из корпуса, в котором установлены три приводных вала с ведущими шестернями и тридцать ведомых шестерен. Ворошитель 5 состоит из ползуна и привода. Ползун представляет собой сварную конструкцию из двух вертикальных стенок, жестко соединенных между собой, установленную на четырех роликах. В нижней части ползуна имеются три лопатки для ворошения и перемещения обрабатываемых плодов. Привод ворошителя состоит из электродвигателя 12, клиноременной передачи 13, редуктора 14 и цепной передачи. Для изменения числа колебаний ползуна на валах электродвигателя и редуктора установлены три ступенчатых шкива.

Машина работает следующим образом. Обрабатываемые плоды выгружаются в бункер 4, затем скатываются по рабочей поверхности валиков, вращающихся в противоположные стороны. Плодоножки захватываются вращающимися валиками, отрываются и падают в корыто, откуда удаляются потоком воды. Ползун совершает возвратно-поступательное движение, перемешивает обрабатываемые плоды, перемещая их к разгрузочному лотку 6.

Техническая характеристика машины М8-КЗП для отделения плодоножек приведена в табл. 8.3.

**Инженерные расчеты.** Производительность  $\Pi$  (кг/ч) машины для отделения плодоножек определяют по формуле

$$\Pi = \pi k d l q,$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий размеры рабочей поверхности валика;  $d$  — диаметр валика, м;  $l$  — длина рабочей части валика, м;  $q$  — удельная нагрузка, кг/(ч·м<sup>2</sup>).

Потребная мощность  $N$  (кВт) электродвигателя машины для отделения плодоножек равна

$$N = \Pi n,$$

где  $\Pi$  — производительность, кг/ч;  $n$  — удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг.

### 8.9. ПРОТИРОЧНЫЕ МАШИНЫ

Протилочные машины должны обеспечивать качественное разделение протираемой массы на полуфабрикат и отходы, высокую удельную производительность, минимальное количество отходов, низкий удельный расход энергии, однородный и достаточно тонкий дисперсный состав протертого полуфабриката, максимальную степень измельчения.

К недостаткам протилочных машин следует отнести невысокую эксплуатационную надежность, обусловленную неравномерным износом и быстрым выходом из строя сеток; неравномерные нагрузки на ротор вследствие неодинакового зазора между бичом и сеткой цилиндра; низкую удельную протилочную способность. Перспективными конструкциями протилочных машин являются машины с вращающимся ситчатым барабаном и неподвижными бичами.

**Машина КПУ-М** (рис. 8.22) предназначена для протирания томатов, семечковых и косточковых плодов.

Основными рабочими органами машины КПУ-М являются бичи 4 и корзина 3, смонтированные на станине 1. Корзина представляет собой цилиндрический барабан, состоящий из двух половин: верхней — сплошной и нижней — ситовой. Подающий шнек 8 и винтовая лопасть 6 находятся на общем валу 9. Бичи 4 закреплены на вращающемся валу. С торцов корзины имеются закрытые стойки: входная, закрывающаяся загрузочным бункером, и выходная, прикрепленная к задней ножке. Сверху корзина закрыта кожухом 5, а снизу корзины имеется бункер 2 для протертой массы.

Перерабатываемый продукт поступает в бункер 7 и шнеком продвигается вдоль оси к лопастям. Под действием быстровращающихся лопастей масса превращается в тестообразную смесь и в таком виде поступает сквозь секторное кольцо в корзину. Бичи захватывают тестообразную массу, приводят ее во вращательное движение, и под действием центробежной силы и давления бичей мякоть продавливается через сито и попадает в сборочный бункер.

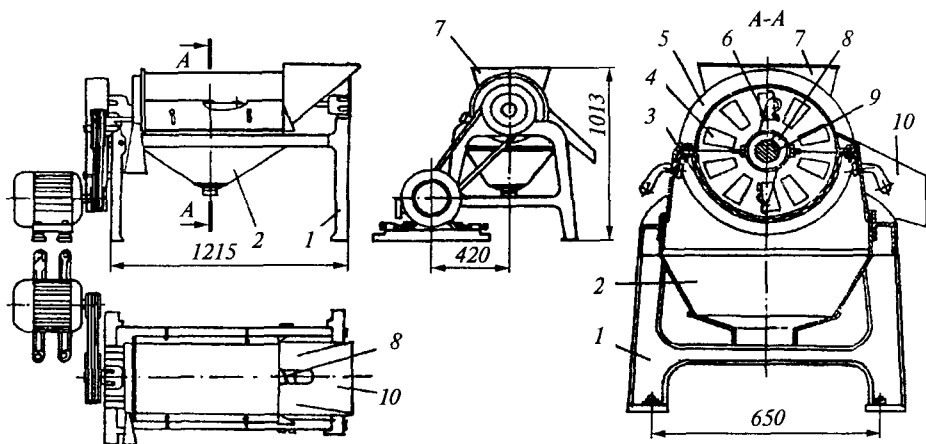


Рис. 8.22 Универсальная протилочная машина КПУ-М

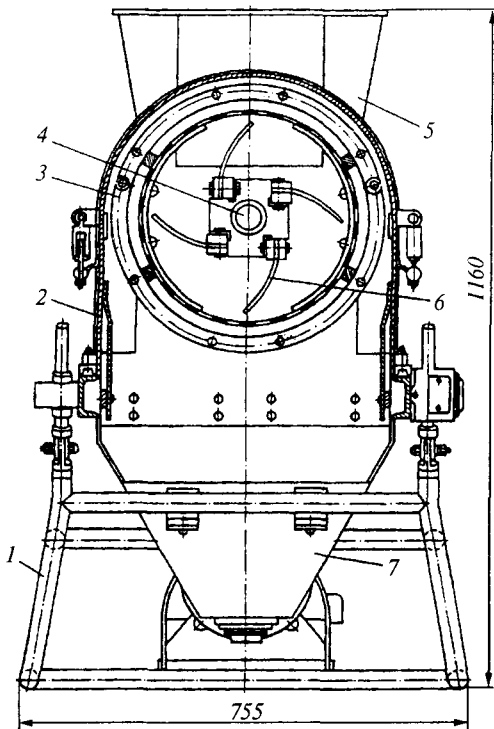


Рис. 8.23. Протирачная машина 1ПЗ1

Кожица, семечки или косточки удаляются через боковой люк 10.

Техническая характеристика универсальной протирачной машины КПУ-М приведена в табл. 8.4.

**Машина 1ПЗ1** предназначена для протириания мякоти вишен, слив, абрикосов и персиков с отделением косточек от мякоти. Она состоит (рис. 8.23) из корпуса 2, станины 1, петельного вала 4, загрузочного бункера 5, сборника 7 и привода.

Корпус 2 машины представляет собой две боковины, закрепленные на раме станины 1 и покрытые легкоосъемной обечайкой. На двух подшипниках скольжения, установленных на передней крышке и задней боковине, вращается петельный вал с четырьмя рядами петель 6. Внутри корпуса установлена сетка 3 с отверстиями диаметром 5 мм, укрепленная для жесткости в каркасе. На передней крышке имеется лоток для выхода отходов. Рабочий орган машины приводится во вращение от электродвигателя через редуктор.

Машина 1ПЗ1 работает следующим образом. Плоды поступают в машину через загрузочный бункер. Попав в по-

лость, образуемую ситом, плоды разбиваются петельным валом и отбрасываются на сетку. Сквозь сито и мякоть, и жидкая фаза плодов проходят в полость между ситом и корпусом, откуда стекают в сборник.

Из сборника 7 протертую массу откачивают насосом. Косточки продвигаются к выходному лотку и по нему сходят в приготовленную тару. Регулирование производительности машины в зависимости от вида и сорта продукта осуществляется за счет изменения угла наклона верхней части машины.

Техническая характеристика протирачной машины 1ПЗ1 приведена в табл. 8.4.

**Машина А9-КИТ** (рис. 8.24) предназначена для отделения косточек и других отходов от плодов и измельчения их мякоти. Она состоит из ротора и горизонтального неподвижного ситового барабана. Рабочими органами ротора являются четыре бича, установленные с зазором к внутренней поверхности ситчатого барабана 1. Ротор опирается на станину 6 через подшипники 5. На консольном конце вала ротора размещен приводной шкив.

Ситовый барабан установлен в корпусе 1, который образован приемным бункером 4 и сборником 2 для протертой массы. Сборник выполнен в виде наклонного лотка с двумя боковыми отводящими патрубками вниз. На внутренней стороне кожуха находятся четыре продольные направляющие, с помощью которых облегчается установка барабана, и четыре кольцевые направляющие для центровки барабана по секциям. Приемный бункер 4 крепится к переднему торцу кожуха, а другой торец кожуха закрыт крышкой 3, установленной на подвеске. Протирачный барабан состоит из каркаса и сетки. Каркас образован четырьмя кольцами, которые соединены стяжками. В проемах между кольцами с помощью зажимных планок помещено парно шесть полуцилиндрических сит. На бичевой вал надеты лопасть и три разрезные ступицы с крестовинами.

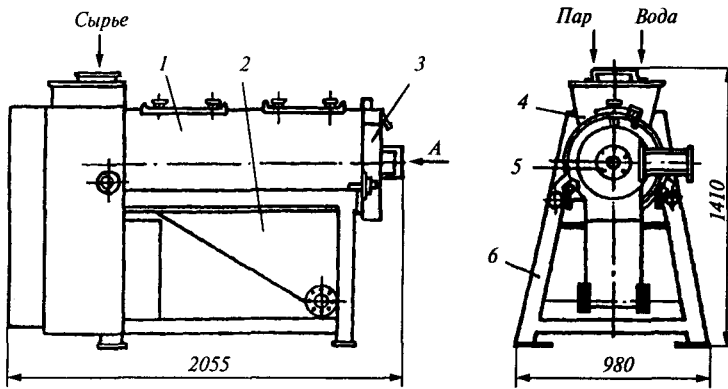


Рис. 8.24. Универсальная протирочная машина А9-КИТ

Наличие разрезов в ступицах и стяжка ступиц болтами позволяют поворачивать крестовины для регулировки угла опережения.

Машина оснащена бичами двух видов. Бич для семечковых плодов — это металлическая пластина с тремя приваренными скобами, в которых имеются отверстия для крепления их на резьбовых пальцах крестовин. Бич для косточковых плодов представляет собой ребристые и плоские молоточки.

Перерабатываемое сырье подается в бункер машины, откуда крыльчаткой сбрасывается в ситовой барабан, подхватывается вращающимися бичами и приводится во вращательное движение по стенкам ситового барабана. При этом жидкая фаза, пройдя через отверстия в ситовом барабане, попадает в корпус, стекает в сборник и удаляется из машины, а твердая фракция сбрасывается через люк передней крышки. Угол опережения бичей обоих типов может измеряться от 1,5 до 4,5°. Кроме угла опережения регулируется зазор между бичами и сеткой.

Техническая характеристика универсальной протирочной машины А9-КИТ приведена в табл. 8.4.

Таблица 8.4. Техническая характеристика протирочных машин

Показатель	КПУ-М	1ПЗ1	А9-КИТ	Т1-КП2У	Т1-КП2Т
Производительность, т/ч	5,0...7,0	1,0	4,0...15,0	7,0	10,0
Частота вращения рабочего вала, с <sup>-1</sup>	46,6...73,3	28,7	26,2...74,8	46,6...73,3	83,7
Количество бичей, шт.	10	4	4	4	4
Угол опережения бичей, град	1,0	1,5	1,5...4,5	1,5	±1,5
Диаметр протирочного барабана, мм	388	—	388	—	388
Длина протирочного барабана, мм	816	—	1200	—	856
Диаметр отверстия в ситах, мм	1,0	0,8...5,0	0,8...5,0	0,8...5,0	0,4...5,0
Живое сечение сетки, %	64	37	23...40	23...41	17...34
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	1,1	13,0	7,5	17,0
Габаритные размеры, мм:					
длина	1940	1570	2055	1770	2500
ширина	1130	755	980	770	1715
высота	1015	1214	1410	1115	2595
Масса, кг	270	315	850	500	1500

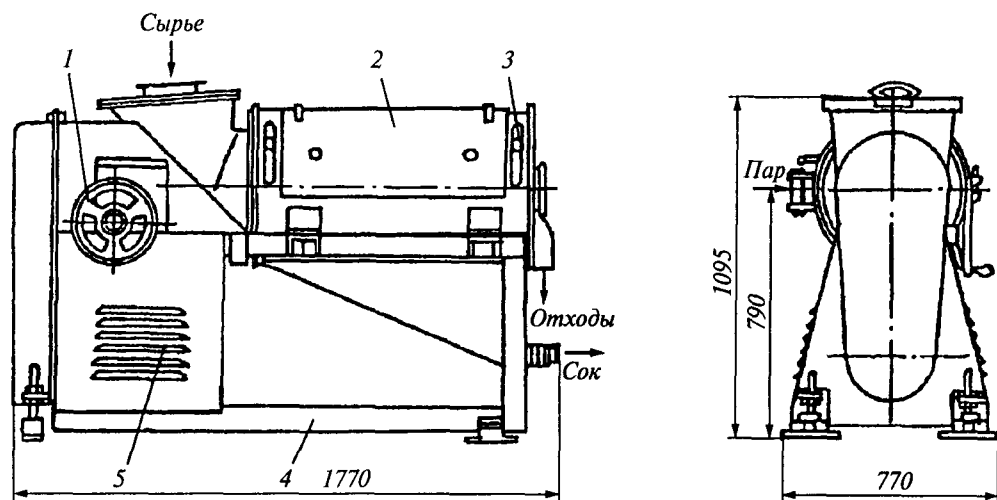


Рис. 8.25. Универсальная протирочная машина Т1-КП2У

**Машина Т1-КП2У** (рис. 8.25) предназначена для протирания томатов, овощей, семечковых и косточковых плодов с целью получения однородной протертой массы. Она состоит из протирки 2 с механизмом 1 для регулирования угла опережения бичей и механизмом 3 для регулирования зазора между бичом и ситом сварной станины 4, на которую устанавливается протирка; электродвигателя 5 с клиноременной передачей и плитой с устройством для натяжения ремней.

Узел протирки состоит из четырехбичевого ротора, помещенного внутри барабана, и бункера. Вал ротора установлен в двух подшипниковых узлах, причем основной подшипниковый узел состоит из двух подшипников качения, разнесенных на некоторое расстояние один от другого для ликвидации возможного прогиба вала при снятии подшипникового узла, вмонтированного в откидную крышку машины. Крышка крепится к корпусу протирки через подвеску, что дает возможность, сняв крышку с вала, повернуть ее вокруг оси подвески, не снимая с машины. Крышка прижимается к фланцу корпуса протирки двумя хомутами, которые стягиваются одним откидным болтом.

Между двумя подшипниками основного подшипникового узла на валу установлен механизм регулирования угла опережения бичей на ходу. Он состоит из двух гильз-кулачков, находящихся в замковом зацеплении. Замковые элементы гильз выполнены как часть витка винтовой линии. Протирка имеет две конструкции как ситового барабана, так и бичей. Для некосточковых продуктов бичи представляют собой пластины, установленные на бичедержателях. Ситовой барабан состоит из двух крайних и одного среднего колец, связанных между собой стяжками. Между кольцами с помощью зажимных планок натягиваются участки сита.

Для косточковых продуктов бичи представляют набор шарнирно висящих на осях молоточков и пластин, которые под действием центробежной силы отбрасываются к поверхности сита протирки. При работе молоточки разбивают мякоть плода и вместе с установленными за ними пластинами протирают его. Ситовой барабан в этом случае состоит из двух эксцентричных колец и сита.



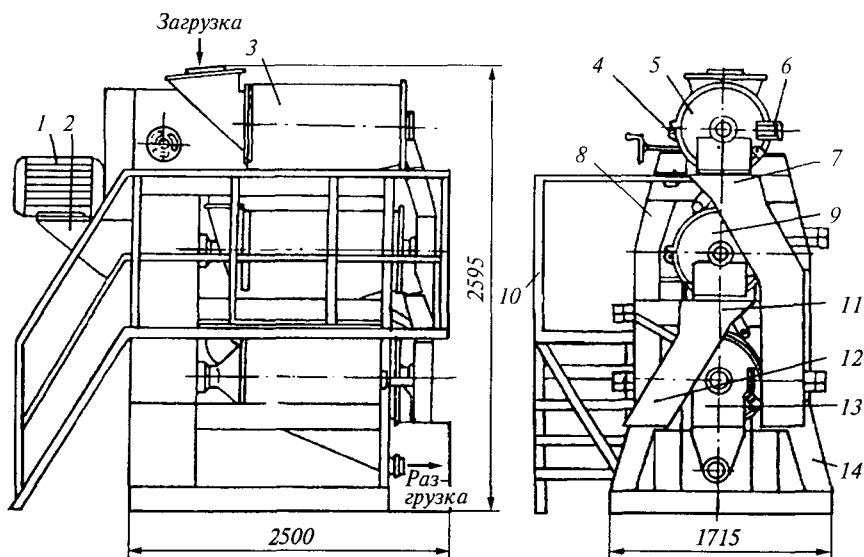


Рис. 8.26. Протиричная машина Т1-КР2Т

Машина работает следующим образом. Продукт, поступающий в протирилку через бункер, конусом-отражателем и заходной частью бичей забрасывается внутрь протиричного барабана к ситам. Здесь он подхватывается бичами, вращающимися с большой скоростью, и за счет центробежной силы прижимается к поверхности ситового барабана. Жидкая фаза проходит через отверстия сита в приемный бункер. Отходы остаются на стенке и выводятся за счет угла опережения бичей из машины через отверстие в крышке. Угол опережения бичей в протирилке при изменении влажности отходов или производительности можно регулировать на ходу поворотом маховичка. Установка барабана в наклонном положении осуществляется с помощью регулировочных винтов в пределах  $\pm 3^\circ$ . В случае необходимости защиты продукта от аэрации в бункере предусмотрен штуцер для подвода пара.

Техническая характеристика универсальной протиричной машины Т1-КР2У приведена в табл. 8.4.

**Протиричная машина Т1-КР2Т** (рис. 8.26) предназначена для последовательного трехкратного протирирования томатов и фруктов с целью получения тонкой однородной консистенции протертой массы.

Машина Т1-КР2Т состоит из верхней 3, средней 9 и нижней 13 протирилок и площадки обслуживания 10.

Станина 11 средней протирилки крепится к станине 14 нижней протирилки, а станина 8 верхней протирилки — к станине средней протирилки. Шахты отходов 7 и 12 шарнирно крепятся к станинам. Электродвигатель 1 установлен на специальной плите 2 станины 8 верхней протирилки.

Протирилки представляют собой четырехбичевой ротор, помещенный внутри ситчатого барабана. Основной подшипниковый узел вала ротора состоит из двух подшипников, которые находятся на некотором расстоянии друг от друга для ликвидации возможного прогиба вала при снятии подшипникового узла, вмонтированного в откидную крышку 5. Крышка 5 крепится к корпусу протирилки через подвес-

ку 6, что дает возможность повернуть ее вокруг оси подвески, не снимая с машины. Крышка прижимается к фланцу корпуса протирки двумя хомутами 4, которые стягиваются одним откидным болтом.

У верхней протирки между подшипниками основного подшипникового узла на валу установлен механизм регулирования угла опережения бичей на ходу. Он состоит из двух гильз-кулачков, находящихся в замковом зацеплении. Замковые элементы гильз выполнены как часть витка винтовой линии.

Бичи представляют собой пластины, установленные на бичедержателях. Ситовые барабаны протирок состоят из двух крайних и одного среднего кольца, связанных между собой стяжками. Между кольцами с помощью зажимных планок натягиваются участки сита. У средней и нижней протирок механизмы регулирования угла опережения бичей и зазора между бичом и ситом отсутствуют.

Привод валов трех протирок осуществляется от одного электродвигателя через клиноременные передачи.

Машина работает следующим образом. Предварительно обработанный продукт поступает в верхнюю протирку через бункер. Конусом-отражателем и заходной частью бичей продукт забрасывается внутрь протирочного барабана к сити. Здесь он подхватывается бичами, вращающимися с большой скоростью, и за счет центробежной силы прижимается к поверхности ситового барабана. За счет центробежной силы жидкая фаза проходит через отверстия сита и стекает в приемный бункер. Отходы остаются на сите и удаляются за счет угла опережения бичей из протирки через отверстие в крышке в шахту отходов. Протертый продукт через отводящий бункер верхней протирки поступает в приемный бункер средней протирки, где подвергается вторичному протиранию. Затем он поступает в нижнюю протирку, где подвергается протиранию в третий раз. Отходы после протирания могут собираться вместе или удаляться после каждой шахты отдельно.

Техническая характеристика универсальной протирочной машины Т1-КП2Т приведена в табл. 8.4.

**Инженерные расчеты.** Диаметр трубопровода для подвода обрабатываемой массы в машину  $d_3$  (м)

$$d_3 = \sqrt{4\Pi / \pi\rho v_{np}},$$

где  $\Pi$  — производительность машины, кг/с;  $\rho$  — плотность перерабатываемой массы, кг/м<sup>3</sup>;  $v_{np}$  — скорость массы в загрузочной трубе машины, м/с.

Угловая скорость вращения бичевого вала  $\omega$  (рад/с)

$$\omega = \sqrt{Fr g / R},$$

где  $Fr$  — фактор разделения;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $R$  — радиус бичей, м.

Безразмерная производительность  $q = 0,0905\Pi / (\varphi_6 \varphi_c \rho R^2 \sqrt{Rg})$ ,

где  $\varphi_6$  — живое сечение каркаса ситового барабана;  $\varphi_c$  — живое сечение сит.

Длина зоны активного отделения жидкой фазы при протирании томатов  $L_1$  (м)

$$L_1 = R \cdot 30,4q^{0,29} Fr^{-0,53} z^{0,31},$$

где  $z$  — количество бичей, шт.

Продолжительность пребывания продукта в протирочной машине  $\tau$  (с)

$$\tau = L/v_1,$$

где  $L$  — длина бича, м;  $v_1$  — скорость перемещения продукта вдоль бича, м/с,

$$v_1 = 2R\omega \operatorname{tg} \alpha,$$

здесь  $\alpha$  — угол опережения бича, град ( $\alpha = 1,5 \dots 6,0$ ).

Мощность привода протирочной машины (Вт) складывается из следующих величин:

— мощности, затрачиваемой на сообщение продукту скорости,

$$N_1 = 0,5\pi\omega^2 R^2,$$

— мощности, затрачиваемой на трение массы о сито,

$$N_2 = zm\omega^3 R^2 f,$$

где  $f$  — коэффициент трения массы о сито;  $m$  — масса сырья, вращающегося совместно с бичом, кг,

$$m = \gamma\rho l R^2,$$

здесь  $\gamma$  — эмпирический коэффициент ( $\gamma = 0,05$ );  $l$  — длина барабана, м;

— мощности, затрачиваемой на измельчение сырья,

$$N_3 = \pi W F_1,$$

где  $W$  — энергия, затрачиваемая на образование  $1 \text{ м}^2$  новой поверхности, Дж/м<sup>2</sup>;  $F_1$  — площадь вновь образованной поверхности при переработке 1 кг сырья, м<sup>2</sup>/кг,

$$F_1 = (2/\rho d_2 - 2/\rho d_1)\theta \cdot 10^{-2},$$

здесь  $d_1$  — средний размер частиц до обработки, м;  $d_2$  — средний размер частиц после обработки, м;  $\theta$  — массовая доля мякоти в продукте, %.

Общая мощность привода, Вт,

$$N = k(N_1 + N_2 + N_3) / \eta_{\text{мех}},$$

где  $k$  — коэффициент запаса мощности;  $\eta_{\text{мех}}$  — механический КПД привода.

## 8.10. УСТАНОВКИ ДЛЯ СНЯТИЯ ШКУР ЖИВОТНЫХ

Установка ФУАМ периодического действия (рис. 8.27) состоит из шкуроръемного агрегата и поворотного фиксатора. Основные узлы шкуроръемного агрегата — вертикальная ферма 4, электродвигатель, натяжная станция 6, тяговая цепь 7. Вертикальная ферма — это жесткая конструкция из профильного металла. На стороне фермы, обращенной к фиксатору, имеется направляющая 10 изогнутой формы для изменения направления движения тяговой цепи и лоток 11 для направления движения снимаемой шкуры. В верхней части фермы агрегата укреплен полуцилиндрический кожух 1, соединенный с прямоугольной трубой 3, примыкающей к лотку 5 для спуска

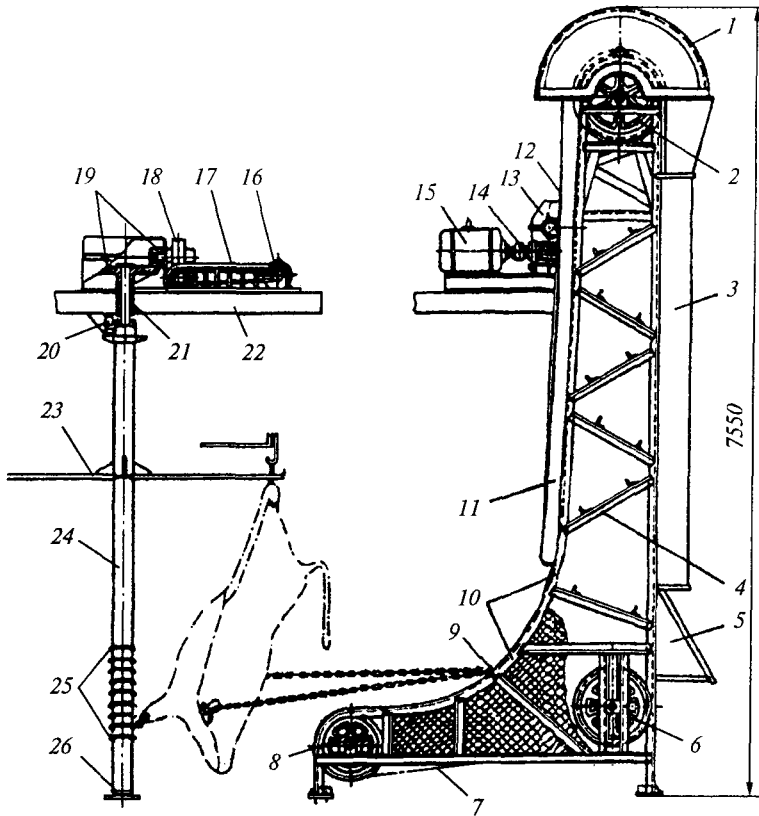


Рис. 8.27. Установка ФУАМ для съема шкур

снятой шкуры на приемный стол. Приводная станция смонтирована в верхней части агрегата и состоит из электродвигателя 15, муфты 14, редуктора 13 и цепной передачи 12, передающей вращение приводной звездочке 2. Натяжная станция винтового типа расположена в нижней части вертикальной фермы. На горизонтальном участке фермы установлена отклоняющая звездочка 8. Она служит для изменения направления движения тяговой цепи.

Для фиксации туши и подачи ее к шкуроемному агрегату установлен специальный фиксатор, представляющий собой вертикальную вращающуюся стойку 24, которая опирается на подшипник 26. Ее верхний конец вращается в подшипнике 21, установленном на балке 22. Для фиксации туши за передние конечности приварены скобы 25. В верхней части стойки укреплено четыре плеча 23 для толкания троллея и перемещения туши по кольцевому подвесному пути. Для автоматической остановки рычага напротив шкуроемного агрегата установлен конечный выключатель 20.

Привод фиксатора состоит из электродвигателя 16, клиноременной передачи 17, червячного редуктора 18 и конической пары шестерен 19. Туши фиксируются за передние ноги специальным приспособлением в виде соединенных между собой звеньями цепи трех крючков 9.

Съем шкуры на установке ФУАМ начинают с того, что по подвесному пути подают забелованную тушу к фиксатору, который включают к моменту подхода туши. Одним из своих рычагов фиксатор толкает троллей и перемещает тушу по кольцевому пути на  $90^\circ$  к месту фиксации. Тушу фиксируют за передние ноги крючками 9, а на концы шкуры с двух сторон надевают петлю из цепи с кольцом на конце. Зафиксированная туша перемещается еще на  $90^\circ$  к месту съема шкуры.

Там кольцо цепи фиксации шкуры набрасывают на крюк 9 непрерывно движущейся (с определенной скоростью для данной туши) тяговой цепи 7. При движении тяговой цепи в направляющих профильной кривой происходит съем шкуры с туши сначала в горизонтальном, а затем почти в вертикальном направлениях. Применение специального профиля направляющих в установке создает наилучшие углы отрыва шкуры от туши. По окончании съема шкуры фиксатор отводит тушу с места съема и одновременно подает следующую. Снятая шкура по трубе падает на лоток, откуда соскальзывает на стол осмотра, на котором ее освобождают от цепи. Цепь возвращается к месту фиксации туш.

На установке одновременно ведут операции с тремя тушами: одну закрепляют на участке фиксации, с другой снимают шкуру, а с третьей удаляют приспособления для фиксации передних ног. Скорость съема шкуры (от 0,05 до 0,15 м/с) зависит от пола, возраста, упитанности животного.

Техническая характеристика установки ФУАМ периодического действия для съема шкур с туш приведена в табл. 8.5.

**Установка ФСБ периодического действия** (рис. 8.28) предназначена для съема шкур с мелкого рогатого скота. Ее изготавливают в двух исполнениях: для съема шкур сверху вниз и снизу вверх.

Станина установки — это две чугунные литые боковины 5 и 6 на сварной раме 2 из швеллера.

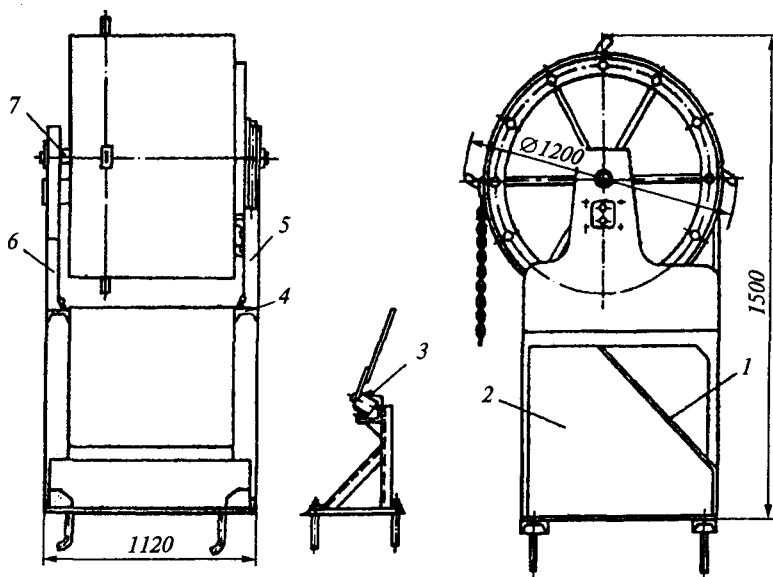


Рис. 8.28. Установка периодического действия ФСБ для съема шкур с мелкого рогатого скота

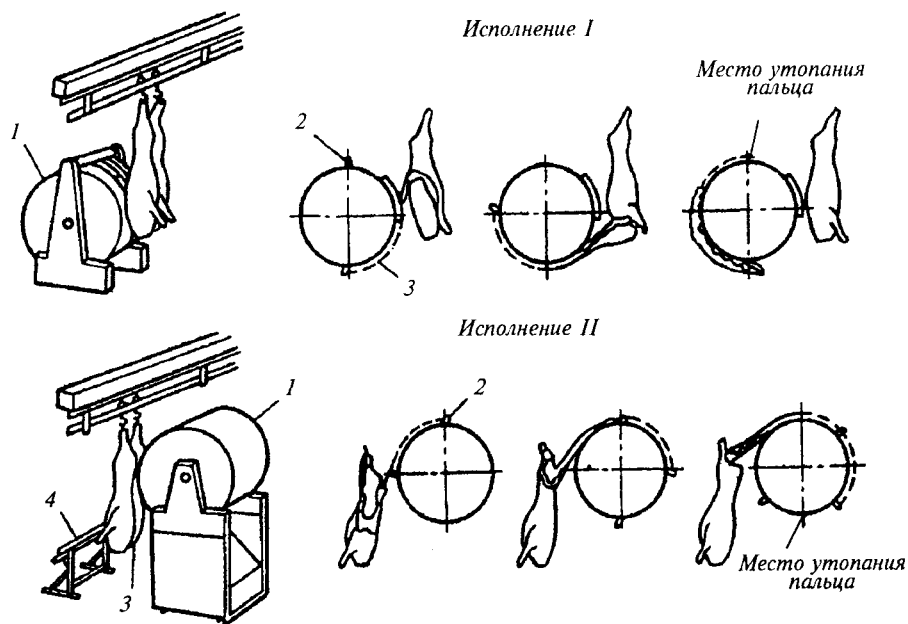


Рис. 8.29. Схема съема шкур в установке периодического действия ФСБ

В верхней части боковины соединены стяжкой, а в средней — осью рабочего барабана 7. Боковины имеют две составные части, соединенные болтами. В верхней и нижней частях — окна для крепления кнопки «Пуск-стоп». В первом исполнении ее размещают в верхней части боковины, а окно в нижней части закрывают крышкой. Нижняя часть другой боковины имеет приливы для крепления кронштейна привода.

Рабочий барабан имеет цилиндрическую форму. Отверстие на его поверхности позволяет установить привод, который закрывается листом-крышкой, изогнутым по форме цилиндра и привернутым к нему винтами. Два ребра внутри барабана по периметру цилиндра служат пластинами для крепления опорных дисков и одновременно ребрами жесткости.

Опорные диски — чугунные литые детали со ступицами в центре, в которые заложены подшипники качения. Диск имеет приливы для крепления ведомого зубчатого колеса. На оси между дисками на шпонке установлен копир в первом исполнении вырезом вверх, во втором — вниз.

Станина установки в исполнении II имеет внизу сварную раму 2 из швеллеров, выполненную в виде коробки 4, обшитой листом. Сверху коробки — наклонный лист 1 для спуска снятых шкур. На ее верхнюю обвязку ставят две литые чугунные боковины 5 и 6, которые крепятся к раме болтами и стягиваются осью рабочего барабана 7.

При работе установки в исполнении I (рис. 8.29) тушу после забеловки подают к непрерывно вращающемуся барабану. Забелованную шкуру со стороны задних ног фиксируют цепью, кольцо которой набрасывают на выступающий из барабана тянущий палец. Съем шкуры начинается при движении пальца по нижней части окружности барабана, шкура освобождается от пальца в верхней части автоматически благодаря сходу ролика в углубление копира под действием пружины и массы пальца. Фиксирующую цепь снимают со шкуры и возвращают к месту наложения цепи. Съем шкуры в таких условиях происходит при углах, близких к нулю, и не превы-

шающих 30°. При этом варианте съема шкуры отпадает необходимость крепления туш за передние конечности, удовлетворительное качество съема обеспечивается при небольших скоростях движения цепи подвешного конвейера или при неподвижной туше.

При съеме шкур на установках в исполнении II передние ноги туши фиксируют при помощи фиксатора 3, ролик которого перемещается по его рельсу вместе с тушей.

На забелованную шейную часть шкуры надевают петлей цепь, кольцо которой набрасывают на палец барабана, движущийся снизу вверх. В нижней части барабана после его оборота на половину окружности палец останавливается, и цепь со шкурой падает на наклонный лоток, по которому шкура соскальзывает на пол. С туши и шкуры снимают фиксирующие устройства, и цикл повторяется.

Техническая характеристика установки периодического действия ФСБ для съема шкур с мелкого рогатого скота приведена в табл. 8.5.

**Агрегат Г2-ФШН** (рис. 8.30) предназначен для съема шкур и крупонов с туш свиней, а также для съема шкур с туш мелкого рогатого скота. Крупон — часть шкуры, снятая с огузка, спины, боков и шеи туш взрослых свиней.

Агрегат Г2-ФШН состоит из двух конвейеров: натяжки и фиксации туш и наклонного. Каркас 5 конвейера 3 натяжки и фиксации туш выполнен из профильной и листовой стали. На каркасе смонтирована натяжная станция. Привод конвейера устанавливают на месте применения — горизонтально, ниже уровня пола, на сварной раме. Он состоит из электродвигателя 4, вариатора 1, червячного редуктора 2 и блока звездочек 8. Над ним, примерно на высоте 3 м, должен находиться общецеховой конвейер (конвейер с пальцем снизу). Цепь натягивается за счет перемещения ведомой звездочки вдоль оси конвейера. Наклонный конвейер представляет собой раму 10, выполненную из двутавровых балок. На ней смонтированы привод, натяжное устройство, тяговая цепь, на которую навешивают цепи с захватами 16 для закрепления шкур. Конвейер устанавливают наклонно. Привод наклонного конвейера состоит из электродвигателя 12, вариатора 14, червячного редуктора 13 и блока звездочек 11 и 9.

Синхронность перемещения обоих конвейеров регулируется вариатором 15. В процессе съема шкур и крупонов участвуют оба конвейера. В челюсть туши вставляют крючок на цепи 6. Второй конец этой цепи крепится к фиксатору 7 конвейера натяжки и фиксации, затем захватом 16 закрепляют шкуру (или крупон). Синхронным перемещением общецехового конвейера, конвейера натяжки и фиксации туш, а также наклонного конвейера снимают шкуру или крупон с зафиксированного животного. Снятую с туши шкуру удаляют с захвата для закрепления шкур на площадке 17 для приема крупонов.

Техническая характеристика агрегата Г2-ФШН для съема шкур и крупонов с туш свиней приведена в табл. 8.5.

Таблица 8.5. Техническая характеристика установок для съема шкур

Показатель	ФУАМ	ФСБ	Г2-ФШН
Производительность, туш/ч	75	125...360	200
Скорость движения конвейера, м/с	0,17...0,50	0,06	0,1
Установленная мощность, кВт	3,3	1,6	3,3
Габаритные размеры, мм	7000×2600×7550	1220×1120×1500	9580×1200×6200
Масса, кг	2300	1000	1673





**Инженерные расчеты.** Производительность установок непрерывного действия для съема шкур  $\Pi$  (туш/ч) определяется по формуле

$$\Pi = 3600\alpha_0 v/l,$$

где  $\alpha_0$  — коэффициент использования максимальной производительности установки;  $v$  — скорость движения туш по конвейеру, м/с;  $l$  — расстояние между тушами, м.

Скорость движения туш  $v$  (м/с) определяют по формулам:  
для установок съема верхнего крупона и шкур

$$v = v_n \operatorname{ctg} \alpha,$$

где  $v_n$  — максимально допустимая скорость продольного съема шкуры, м/с,

$$v_n = B e^{\delta P \cos^2 \alpha_1 / 2},$$

здесь  $B = 0,00025$  — экспериментальный коэффициент;  $\delta$  — коэффициент неучтенных факторов ( для крупного рогатого скота  $\delta = (2,5 \dots 4,6) \cdot 10^{-3}$ ; для мелкого рогатого скота  $\delta = (5 \dots 15) \cdot 10^{-3}$ ; для кроликов  $\delta = (18 \dots 43) \cdot 10^{-3}$ ;  $P$  — прочность поверхностей фасции, Н/м;  $\alpha_1$  — угол отделения шкуры, град;  $\alpha$  — угол наклона конвейера к горизонту, град;

для установки типа «Москва-4»

$$v = 3B e^{\delta P \cos^2 \alpha_1 / 2} \operatorname{ctg} \alpha;$$

для установки продольного съема шкур

$$v = v_0 \cos \alpha - v_n \cos(\alpha + \beta),$$

где  $v_0$  — скорость движения цепи конвейера для съема шкур, м/с;  $\beta$  — угол между векторами скоростей движения цепи конвейера и продольного съема, град;  
для установок барабанного типа

$$v = Lv_n / (2L_1),$$

где  $L$  — расстояние между тушами, м,  $L_1$  — длина шкуры, снимаемой на установке, м.

Мощность двигателя  $N$  (кВт) к установкам для съема шкур определяют по формулам:

для установок периодического действия

$$N = 10^{-3} F_{\max} v \eta_a / (\eta \eta_1),$$

где  $F_{\max}$  — максимальное усилие съема шкуры, Н;  $v$  — скорость движения тягового органа, м/с;  $\eta_a$  — коэффициент запаса мощности ( $\eta_a = 1,2 \dots 1,5$ );  $\eta$  — КПД передачи от двигателя до ведущей звездочки или барабана ( $\eta = 0,75$ );  $\eta_1$  — КПД установки ( $\eta_1 = 0,85$ );

для установок непрерывного действия

$$N = 10^{-3} F_c Z v \eta_a / (\eta \eta_1),$$

где  $F_c$  — среднее значение усилия съема, Н;  $Z$  — количество туш, одновременно подвергаемых съему шкуры

$$Z = Pt,$$

здесь  $t$  — продолжительность съема шкуры, с.

Усилия съема  $F$  (Н) принимают: для крупного рогатого скота  $F_{\max} = 10^4$ ,  $F_c = 6 \cdot 10^3$ ; для мелкого рогатого скота  $F_{\max} = 1,5 \cdot 10^3$ ,  $F_c = 10^3$ ; для свиней  $F_{\max} = 0,5 \cdot 10^3$ ,  $F_c = 5 \cdot 10^3$ ; для кроликов  $F_{\max} = 0,8 \cdot 10^3$ ,  $F_c = 0,5 \cdot 10^3$ .

### 8.11. МАШИНЫ ДЛЯ СНЯТИЯ ОПЕРЕНИЯ С ПТИЦ

**Автомат типа «Ротоматик»** (рис. 8.31) для снятия оперения с тушек кур, цыплят, бройлеров и утят состоит из двух подвижно соединенных между собой корпусов  $1$ , разделенных перегородкой на две зоны. В его состав также входят: опора  $7$ , механизм  $8$  регулировки автомата по ширине, привод  $10$  рабочего барабана, привод  $11$  промежуточного вала, труба  $12$  для орошения горячей водой.

Основной рабочий орган — барабаны, состоящие из двух симметричных частей, каждая из которых имеет два вала. На одном рабочем валу  $2$  жестко закреплены одиннадцать колец  $9$  и свободно вращаются девять колец  $3$ , на которых смонтированы резиновые полуовальные рифленные пальцы  $6$ . Жестко посаженные  $9$  и свободно вращающиеся  $3$  на валу кольца имеют встречное вращение. На другом приводном валу  $5$  насажено девять зубчатых колес  $4$ . Зубчатое колесо состоит из алюминиевого диска с резиновым зубчатым венцом, зубья которого входят в зацепление со свободно вращающимися кольцами  $3$ , с алюминиевыми зубьями рабочего вала. Концы валов опираются на коренные подшипники, закрепленные на торцевых стенках корпуса.

Тушки птицы после тепловой обработки подаются пространственным конвейером в рабочую зону, где с помощью резиновых пальцев  $6$  удаляется перо.

Во время работы автомата тушки орошаются горячей водой из специального устройства  $12$ . Снятое перо по направляющим плоскостям удаляется водой в гидрожелоб.

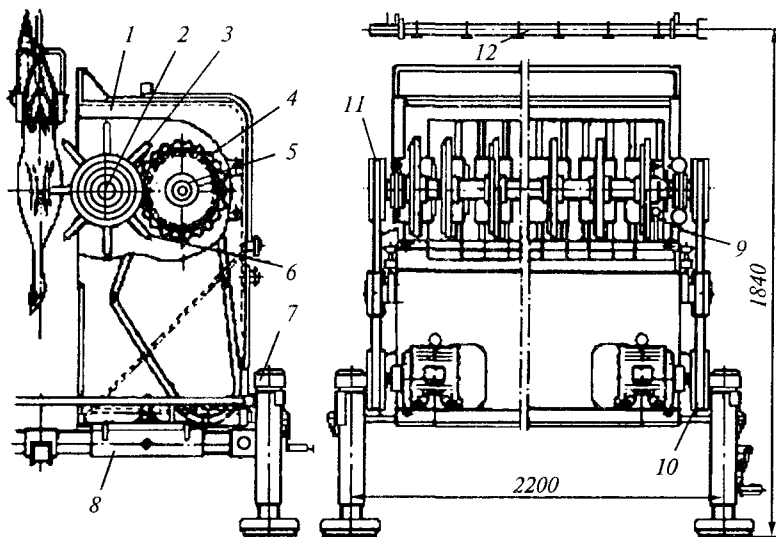


Рис. 8.31. Автомат типа «Ротоматик» для снятия оперения

### Техническая характеристика автомата типа «Ротоматик»

Производительность, шт/ч . . . . .	2000...3000
Габаритные размеры, мм . . . . .	2270×2200×1840
Масса, кг . . . . .	1610

**Машина для удаления оперения К7-ФЦЛ/7** (рис. 8.32) предназначена для удаления крупного и мелкого оперения с тушек птицы.

Машина состоит из двух панелей, двух опорных рам, оросительной и рычажной систем. Каждая панель представляет собой каркас, сваренный из листов и стяжек. На одном из листов каждого каркаса, являющемся передней стенкой, смонтированы три ряда узлов ротодисков (по семь узлов в каждом ряду). К боковым стенкам каждого каркаса на плитах крепят три электродвигателя для вращения ротодисков посредством плоскоременных передач. Здесь же находятся натяжные ролики.

Каждую панель устанавливают на две винтовые телескопические опоры. Такое крепление дает возможность наклонять панели и регулировать их по высоте. В верхней части каждой панели смонтированы оросительные трубопроводы, являющиеся одновременно и направляющими для подвесок конвейера. С внешней стороны панели установлены быстросъемные щитки, открывающие доступ к приводам. В каждом ротодиске имеются по десять рифленых резиновых пальцев. На выходе и входе машины укреплены резиновые шторки, предотвращающие разбрызгивание воды и вылет пара из рабочей зоны машины.

Перо удаляется при перемещении закрепленных на подвесках конвейера тушек птицы внутри машины, между ротодисковыми панелями, путем захвата его вращающимися рифлеными резиновыми пальцами. Снятое перо смывается водой, поступающей через оросительные трубопроводы, в желоб, расположенный в полу цеха.

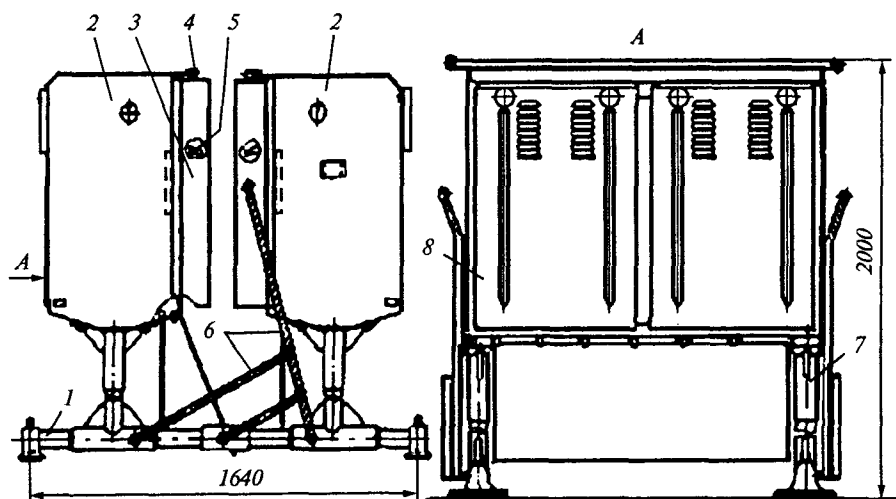


Рис. 8.32. Машина для удаления оперения К7-ФЦЛ/7

## Техническая характеристика машины К7-ФЦЛ/7

Производительность, шт/ч:	
кур, цыплят-бройлеров . . . . .	2000
уток, утят . . . . .	1000
индеек, индюшат . . . . .	500
Количество дисковых рядов . . . . . 6	
Частота вращения дисков, мин <sup>-1</sup> . . . . . 948	
Расстояние между панелями дисковых рядов, мм . . . . . 10...460	
Потребление:	
воды, м <sup>3</sup> /ч. . . . .	1,08
электроэнергии, кВт·ч . . . . .	13,2
Габаритные размеры, мм . . . . . 1700×1640×2000	
Масса, кг . . . . . 1115	

**Автоматическая установка Г8-МОП-2** предназначена для удаления оперения с тушек сухопутной и водоплавающей птицы (рис. 8.33). В состав установки входят: корпус 2, дверь 1, лоток 3, поддон 4, станина 8, пневмопровод 9, пневмоцилиндры 13 и 14, привод, диск 7, сливное окно 6 и резиновые кольца 5.

Перед пуском установки подаются вода для обмывания птицы и сжатый воздух под давлением 0,2...0,3 МПа для питания пневмосистемы. Диск получает вращение от электродвигателя 12 через муфту 11 и редуктор 10.

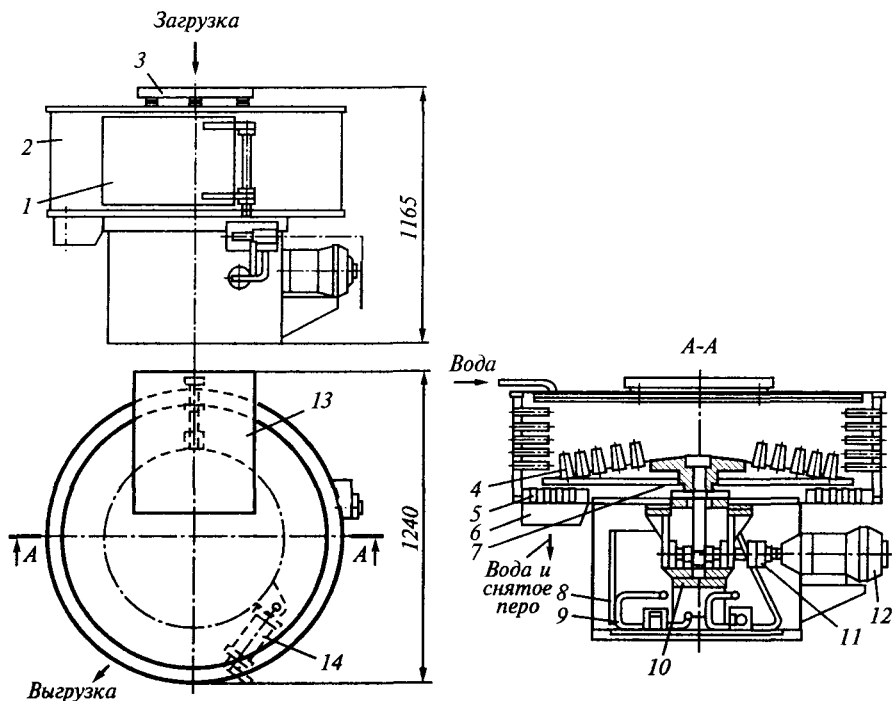


Рис. 8.33. Автоматическая установка для снятия оперения с сухопутной и водоплавающей птицы Г8-МОП-2

Время на обработку птицы и температура воды устанавливаются в зависимости от вида птицы. После тепловой обработки птица собирается на лотке, который поворачивается пневмоцилиндром через систему рычагов.

Загрузка установки происходит через определенное время, отсчитываемое реле времени. Обработанная птица под действием центробежной силы выбрасывается через дверь, которая открывается с помощью пневмоцилиндра. Снятое перо смывается водой в поддон и резиновыми кольцами, вращающимися вместе с диском, удаляется через сливное окно. Затем цикл обработки птицы в установке повторяется.

### Техническая характеристика установки Г8-МОП-2

Производительность, шт/ч:	
кур, цыплят-бройлеров . . . . .	720...1000
уток, утят . . . . .	210
индеек, индюшат . . . . .	180
гусей, гусят . . . . .	450...540
Частота вращения диска, мин <sup>-1</sup> . . . . .	145
Расход:	
воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	1,5
сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	0,12
электроэнергии, кВт·ч . . . . .	3
Габаритные размеры, мм . . . . .	1312×1240×1165
Масса, кг . . . . .	385

**Бильно-очистная машина К7-ФЦЛ/6** (рис. 8.34) предназначена для смыва прилипшего пера к тушкам и их мойки на убойных линиях птицеперерабатывающих цехов.

Она состоит из двух секций, которые своими ползунами размещаются на поперечных стяжках рамы 1 и перемещаются по ним с помощью двух винтовых устройств.

Каждая секция представляет собой сварной листовой каркас 2, внутри которого смонтированы электродвигатель и барабан 5 с резиновыми рифлеными билами 4. Электродвигатель закрыт перегородкой и быстросъемным щитком 6.

В верхней части каждого каркаса имеются оросительные трубопроводы 3, которые служат для орошения тушек водой и одновременно являются направляющими конвейера.

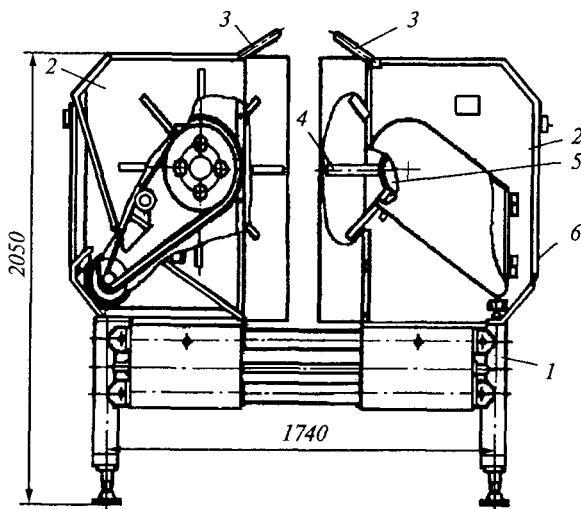


Рис. 8.34. Бильно-очистная машина К7-ФЦЛ/6

Удаление прилипших перьев и мойку тушек проводят при перемещении последних внутри машины. Перья удаляются резиновыми билами сверху вниз благодаря наличию уклона барабанов, созданному за счет наклона всей машины, и движению конвейера. Поступающая через оросительные трубопроводы вода смывает перья в систему желобов.

### Техническая характеристика машины К7-ФЦЛ/6

Производительность, шт/ч:

кур, цыплят-бройлеров . . . . . 6000

уток, утят . . . . . 2000

индеек, индюшат . . . . . 1000

Частота вращения барабанов, мин<sup>-1</sup> . . . . . 288...306

Расстояние между осями барабанов, мм . . . . . 680...1080

Расход:

воды, м<sup>3</sup>/ч . . . . . 1,08

электроэнергии, кВт·ч . . . . . 2

Габаритные размеры, мм . . . . . 1740×2100×2050

Масса, кг . . . . . 630

**Инженерные расчеты.** Нормальную силу, вызывающую трение и обеспечивающую сьем шкуры ( $H$ ), определяют по формулам:

для жестких шкур и прочных нижележащих слоев

$$F_n = K(1 + \psi_n)ZLF_y / (K_{тв} - K_{тш}),$$

где  $\psi_n$  — коэффициент инерции ( $\psi_n = F_p/F_y$ );  $K_{тв}$ ,  $K_{тш}$  — коэффициенты трения скольжения объекта по рабочей поверхности валика и шкуры;  $Z$  — количество туш, одновременно находящихся в машине, шт.;  $L$  — длина шкуры, м;  $K$  — коэффициент, учитывающий тип туши (свиньи, крупного рогатого скота и т.д.);  $F_y$  — реакция близлежащих слоев шкуры при ее съеме;  $H$ ;

для эластичных шкур

$$F_n = [K(1 + \psi_n)ZLF_y + F_p] / (\lambda K_{тв} - \gamma K_{тф}),$$

где  $F_p$  — усилие растяжения шкуры, Н;  $\lambda$  — доля нормального усилия, приходящаяся на извлекаемые объекты (при съемке щетины  $\lambda = 0,20 \dots 0,25$ ; при изъятии крупного и среднего оперения  $\lambda = 1$ ; при съеме пуха  $\lambda = 0,10 \dots 0,15$ );  $\gamma$  — коэффициент, учитывающий ослабление реакции  $F_y$  близлежащими слоями шкуры;  $K_{тф}$  — коэффициент трения скольжения шкуры по поверхности фасции ( $K_{тф} = 6,05 \dots 0,08$ ).

Для механизированного съема щетины после ее ослабления применяют скребмашины.

Пропускная способность скребмашины непрерывного действия  $\Pi$  (туш/с)

$$\Pi = v\alpha_0/L,$$

где  $v$  — скорость движения туш вдоль машины (скорость конвейера), м/с;  $\alpha_0$  — коэффициент использования максимальной производительности;  $L$  — расстояние между тушами (в горизонтально-продольных машинах  $L = 1,6$  м, в вертикально-продольных  $L = 0,45 \dots 0,6$  м).

Мощность двигателя скребмашин  $N$  (кВт) определяют для максимальной их загрузки по формулам:

горизонтально-поперечной скребмашины

$$N = 10^{-3} (F_{\text{в}} v_{\text{в}} + F_{\text{н}} v_{\text{н}}) \eta_{\text{а}} / (\eta \eta_1),$$

где  $F_{\text{в}}$ ,  $F_{\text{н}}$  — периферическое усилие верхнего и нижнего барабанов, Н;

$$F_{\text{в}} = K_{\text{т}} [R_1 + R_2 (K + \cos \gamma - \sin \gamma)],$$

здесь  $K_{\text{т}}$  — коэффициент трения скребка о поверхность туши ( $K_{\text{т}} = 0,6 \dots 0,8$ );  $R_1, R_2$  — сила реакции на барабаны, Н;  $\gamma$  — угол [ $\gamma = 90 - (\alpha_1 + \alpha_2)$ ];  $v_{\text{в}}$  и  $v_{\text{н}}$  — скорости движения верхнего и нижнего конвейеров, м/с;  $\eta, \eta_1$  — соответственно КПД привода верхнего и нижнего конвейеров;  $\eta_{\text{а}}$  — КПД цехового конвейера;

вертикально-продольной скребмашины

$$N = 2 \cdot 10^{-3} K_{\text{т}} L P_{\text{у}} Z n_{\text{с}} v \eta_{\text{а}} / \eta,$$

где  $K_{\text{т}}$  — коэффициент трения скольжения скребка о поверхность туш ( $K_{\text{т}} = 0,6 \dots 0,8$ );  $L$  — длина рабочей кромки скребка, м;  $P_{\text{у}}$  — удельное давление ( $P_{\text{у}} = 2 \cdot 10^3$  Н/м);  $Z$  — количество туш, одновременно находящихся в машине;  $n_{\text{с}}$  — угловая скорость вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ ;  $v$  — окружная скорость скребка, м/с.

Для съема оперения применяют кольцевые гребенчатые и пластинчатые машины. Энергию, отдаваемую билом при ударе, определяют из уравнения

$$E = G(v_{\text{н}}^2 - v_{\text{к}}^2) / 4 = E_0 K_1 Z,$$

где  $G$  — масса била, кг;  $v_{\text{н}}$ ,  $v_{\text{к}}$  — начальная и конечная скорости била, м/с;  $E_0$  — энергия, необходимая для извлечения одного объекта, Дж;

$$E_0 = KhF_{\text{у}}/2,$$

здесь  $K$  — коэффициент отношения пути изъятия к глубине залегания очина ( $K = 2 \dots 5$ );  $h$  — глубина залегания очина, м;  $K_1$  — коэффициент, учитывающий потери ( $K_1 = 2 \dots 4$ );  $Z$  — количество объектов, извлекаемых за один удар бича.

Мощность двигателя бильных машин  $N$  (кВт) находят по формуле

$$N = 2(N_1 + N_2 + N_3) \eta_{\text{а}} / \eta,$$

где  $N_1$  — мощность, расходуемая на возмещение энергии бил, кВт;

$$N_1 = 10^{-3} E_0 \phi Z n,$$

здесь  $\phi$  — доля одновременно работающих бил ( $\phi = 0,2 \dots 0,4$ );  $Z$  — количество бил на каждом барабане;  $n$  — частота вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ ;  $N_2$  — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления бил о воздух, кВт,

$$N_2 = 1,25 \cdot 10^{-4} C \rho d \omega^3 Z (R_1^4 - R_2^4),$$

здесь  $C$  — коэффициент обтекания рабочих органов;  $\rho$  — плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $d$  — размер стороны квадрата, м;  $\omega$  — угловая скорость вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ ;  $Z$  — количество бил;  $R_1, R_2$  — внешний и внутренний радиусы, описываемые билами, м;  $N_3$  — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления о воздух пластин, поддерживающих била, кВт,

$$N_3 = 10^{-3} C_0 \rho Z S v^3,$$

здесь  $C_0$  — коэффициент обтекания пластины;  $Z$  — количество пластин на барабане;  $S$  — лобовая поверхность опорной пластины,  $\text{м}^2$ ;  $v$  — окружная скорость вращения центра тяжести пластин,  $\text{м/с}$ .

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Знание механизма удаления покрова с растительного и животного сырья позволяет правильно выбрать способы его очистки.*

*2. Комплексное рассмотрение оборудования, имеющего одно и то же функциональное назначение, но предназначенное для сырья разных видов, дает возможность систематизировать знания в области процессов очистки пищевого сырья от наружного покрова, что создает научную основу для разработки новых технологий.*

*3. Анализ факторов, влияющих на производительность машин для очистки исходного сырья от наружного покрова, позволяет определить основные направления повышения эффективности работы оборудования.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что Вы понимаете под процессом очистки?
2. Какие способы очистки растительного и животного сырья от наружного покрова Вы знаете?
3. В чем состоит механизм каждого способа очистки растительного и животного сырья от наружного покрова?
4. Как классифицируется оборудование для очистки растительного и животного сырья от наружного покрова?
5. Как оценивается технологическая эффективность очистки в обочных машинах?
6. Какие факторы влияют на производительность обочных и щеточных машин?
7. В чем заключается принцип действия шелушильных и шлифовальных машин?
8. Каково устройство и принцип работы бичевых машин?
9. Каково устройство и принцип действия гребнеотделительных машин?
10. Как рассчитать производительность гребнеотделительных машин?
11. От каких факторов зависит производительность картофелечистки КНА-600М?
12. Каково устройство и принцип действия машин для отделения шелухи и плодоножек?
13. Как классифицируются протирачные машины?
14. Какие требования предъявляются к протирачным машинам?
15. Какие факторы влияют на производительность и эффективность работы протирачных машин?
16. Какие виды машин применяют для снятия шкур животных?
17. Как рассчитать производительность машин для снятия шкур животных?
18. Какие факторы влияют на технологическую эффективность машин для снятия оперения птиц?
19. Как обрабатывают тушки птицы для ослабления удерживаемости оперения в коже тушек птицы?
20. Каковы особенности эксплуатации и обслуживания машин для снятия оперения птиц?



## Глава 9

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Процессы измельчения пищевых сред — ведущие процессы многих пищевых технологий. Они реализуются в дробилках, мельницах, куттерах, волчках и т.д. Именно эти машины во многом определяют качественное протекание последующих стадий обработки пищевого сырья, формируя качество готового продукта.

#### 9.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Процессы измельчения условно подразделяют на дробление (крупное, среднее и мелкое) и измельчение (тонкое и сверхтонкое). Измельчение материалов осуществляют путем раздавливания (рис. 9.1, а), раскалывания (рис. 9.1, б), истирания (рис. 9.1, в) и удара (рис. 9.1, г).

В большинстве случаев эти виды воздействия на материал используют комбинированно; при этом обычно основное значение имеет один из них, что обусловлено конструкцией машины, применяемой для измельчения.

В зависимости от физико-механических свойств и размеров измельчаемого материала выбирают тот или иной вид воздействия. Так, дробление твердых и хрупких материалов производят раздавливанием, раскалыванием и ударом, твердых и вязких — раздавливанием и истиранием.

Результат измельчения характеризуется степенью измельчения, равной отношению среднего характерного размера  $D$  куса материала до измельчения к среднему характерному размеру  $d$  куса после измельчения

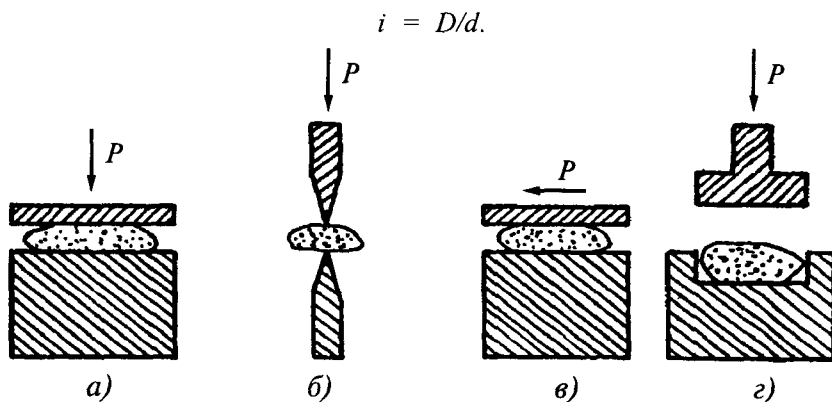


Рис. 9.1. Способы измельчения продуктов:  
а — раздавливанием; б — раскалыванием; в — истиранием; г — ударом

Измельчение осуществляется под действием внешних сил, преодолевающих силы взаимного сцепления частиц материала. При дроблении куски твердого материала сначала подвергаются объемной деформации, а затем разрушаются по ослабленным дефектами (макро- и микротрещинами) сечениям с образованием новых поверхностей. Куски продукта дробления ослаблены трещинами значительно меньше исходных. Поэтому с увеличением степени измельчения возрастает расход энергии на измельчение.

Согласно гипотезе акад. П.А. Ребиндера затраты энергии  $A$  (Н·м) на измельчение какого-либо продукта для получения конечного продукта, состоящего из частиц определенной дисперсности, могут быть выражены формулой

$$A = K + (\sigma_p^2 V / 2E)m_y + k_p \Delta S \alpha,$$

где  $K$  — энергия, расходуемая на процессы деформации и образования продуктов износа рабочих органов измельчающей машины, Н·м;  $\sigma_p$  — разрушающее напряжение измельчаемого материала, Н/м<sup>2</sup>;  $V$  — объем измельчаемого материала, м<sup>3</sup>;  $E$  — модуль упругости измельчаемого материала, Н/м<sup>2</sup>;  $m_y$  — число циклов деформаций частиц измельчаемого материала;  $k_p$  — энергия на образование 1 м<sup>2</sup> новой поверхности для данного материала, Н/м;  $\Delta S = S_k - S_n$  — вновь образованная поверхность ( $S_k$ ,  $S_n$  — соответственно общая поверхность материала после и до измельчения), м<sup>2</sup>;  $\alpha$  — безразмерный коэффициент, характеризующий для машины данной конструкции процесс образования новой поверхности:

$$\alpha = (S_k / S_n)^n = i^n,$$

здесь  $n$  — показатель степени, зависящий от условий измельчения.

Коэффициент полезного действия процесса измельчения определяется выражением

$$\eta_i = k_p \Delta S \alpha / [K + (m_y \sigma_p^2 V / 2E) + k_p \Delta S \alpha].$$

Анализ этих уравнений показывает, что для уменьшения энергозатрат следует стремиться к уменьшению упругих деформаций рабочих органов дробилок и повышению их износостойкости, к уменьшению числа циклов деформаций ( $m_y$ ) частиц измельчаемого материала и к снижению разрушающих напряжений измельчаемого продукта.

Измельчение можно производить раздавливанием, разрыванием, растяжением и резкой. Нарезанные куски имеют правильную, заранее выбранную форму с ровными краями и обычно в дальнейшем подвергаются только тепловой обработке. При дроблении частицы продукта имеют неправильную форму и в большинстве случаев подвергаются дальнейшему тонкому измельчению.

*Резание* — процесс механического расчленения продукта с помощью вклинивающегося в него рабочего органа. Резание пищевых продуктов осуществляют для того, чтобы отделить от массива продукта определенную его часть, для разделения продукта на частицы заданных формы и размеров и для измельчения продукта без предъявления требований к форме частиц.

Резание как один из способов измельчения производят лезвием ножа, ножевыми рамками, гребенками или пильным зубчатым полотном, которое при этом вклинивается в измельчаемую продукцию, вызывая в поверхности контакта напряжения, достаточные для преодоления всех сопротивлений, возникающих в ней в момент разрушения. К резательным машинам предъявляются следующие требования: кон-

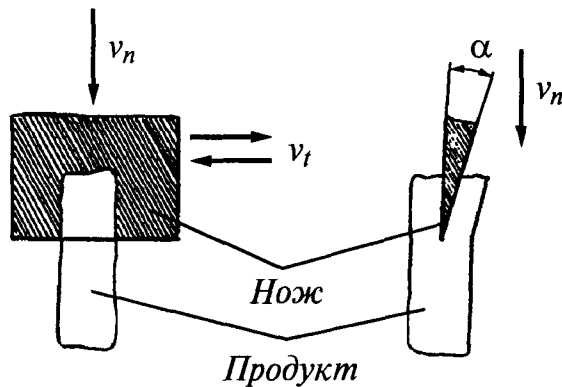


Рис. 9.2. Схема поступательного и параллельного движения ножа

струкция ножей должна быть универсальной, т.е. она должна позволять регулировать толщину отделяемых кусков без замены ножей; лезвие ножей должно изнашиваться равномерно по всей его длине; ножи должны отделять куски продукции путем резания, а не отрыва их; куски продукта должны иметь заданную форму и размеры.

Для резки продукта нож должен совершать одновременно два силовых движения — перпендикулярно лезвию и параллельно ему. При этом микроскопические зубцы перерезают волокна и клетки измельчаемого продукта (рис. 9.2). Резание может быть рубящим (при  $v_t = 0$ ) или скользящим (при  $v_n = 0$ ). При скользящем резании коэффициент резания  $k_c = v_t/v_n > 0$ ; при рубящем резании —  $k_c = 0$  (см. рис. 9.2).

Для осуществления процесса резания ножами продукции сообщается вращательное, поступательное, планетарное, возвратно-поступательное или сложное движение.

Резание происходит в поле гравитационных, центробежных, втягивающих или толкающих сил, создаваемых режущими или специальными рабочими органами машины. Эти силы используются для обеспечения подачи продукции в зону измельчения и отвода ее из машины.

Форма, заточка и движение ножей, применяемых для резания пищевой продукции, зависят от рода, физико-механических и структурных свойств измельчаемой продукции, качества среза и формы продукта, получаемого в результате резания.

Сила сопротивления, воспринимаемая ножом при резании продукта, является равнодействующей следующих составляющих:

$$P = P_{\text{рез}} + P_{\text{упр}} + P_{\text{тр}},$$

где  $P_{\text{рез}}$  — сопротивление продукта резанию, т.е. разделению его с образованием новых поверхностей, Н;  $P_{\text{упр}}$  — сопротивление продукта упругим деформациям, которые вызываются внедрением в него ножа, Н;  $P_{\text{тр}}$  — сила трения продукта о нож, связанная с обжатием его деформированным продуктом, Н.

В.И. Карпов предлагает определять  $P_{\text{рез}}$  для всех форм и видов движения лезвия так

$$P_{\text{рез}} = q_b l \cos \beta,$$

где  $l$  — проекция достаточно малого участка лезвия на направление, перпендикулярное скорости его средней точки в продукте, м;  $q_b$  — удельное сопротивление нормальному резанию, отнесенное к единице длины лезвия, Н/м;  $\beta$  — угол скольжения лезвия в этой точке, град.

Сила трения на рассматриваемом единичном участке лезвия составит

$$P_{\text{тр}} = f q_b \cos^2 \beta,$$

где  $f$  — приведенный коэффициент трения, учитывающий и заклинивание ножей в продукте.

Проекция силы трения на направление скольжения скорости ножа будет равна

$$P_{\text{тр}} \sin \beta = f q_b \cos^2 \beta \sin \beta.$$

Тогда сумма удельных сил собственно резания и составляющей силы трения, действующих против скорости лезвия относительно продукта, выразится уравнением

$$P = q_b \cos^2 \beta [1 + 0,5 f \sin(2\beta)].$$

Мощность, обусловленная затратой энергии в единицу времени на преодоление сопротивлений, непосредственно связанных с выполнением резания продуктов, называется полезной, или технологической. Она определяется по формуле

$$N = A_{\text{уд}} P F' / \eta_n,$$

где  $A_{\text{уд}}$  — удельная работа резания, отнесенная к единице вновь образованной поверхности продукта, Дж/м<sup>2</sup>;  $P$  — теоретическая производительность механизма, кг/с;  $F'$  — вновь образованная площадь поверхности, отнесенная к единице массы продукта, м<sup>2</sup>/кг;  $\eta_n$  — КПД ножа, учитывающий трение его о продукт.

Для извлечения сахара из свеклы путем диффузии требуется измельчить свеклу в стружку. Процесс получения стружки из свекловичного корня осуществляется в свеклорезальных машинах при помощи диффузионных ножей, которые установлены в специальных рамах.

Производительность диффузионной установки и содержание сахара в обессахаренной свекловичной стружке в большой степени обусловлены ее качеством. Поверхность стружки должна быть возможно большей, так как с ее увеличением ускоряется процесс диффузии. Однако при этом стружка должна быть упругой, иметь определенную механическую прочность. Хорошим показателем качества стружки может являться проницаемость ее слоя при определенных температуре и давлении на слой.

Более предпочтительна желобчатая стружка, так как при этой форме повышается ее упругость. Кроме того, желобчатая стружка при той же толщине имеет большую поверхность.

Для получения качественной свекловичной стружки на центробежных или дисковых свеклорезках необходимо, чтобы свекла в процессе резания с достаточным усилием прижималась к поверхности ножей и внутренней поверхности барабана или диска свеклорезки. Для центробежных свеклорезок с диаметром барабана 1200 мм и скорости резания 8,2 м/с давление на внутреннюю поверхность ножевого корпуса составляет около 40 кПа, а для дисковых свеклорезок при высоте слоя свеклы в бункере 3 м — 30 кПа, а в барабанной свеклорезке давление от действия центробежной силы достигает 80 кПа.

Другим распространенным видом измельчающего оборудования являются вальцовые станки, в которых измельчение пищевого сырья достигается в основном за счет раздавливания и истирания.

Вальцовый станок в значительной мере определяет производительность, эффективность и стабильность работы последующего технологического оборудования.

Измельчение зерна и промежуточных продуктов в вальцовых станках осуществляется в клиновидном пространстве, образованном цилиндрическими поверхностями двух параллельных вальцов, вращающихся навстречу друг другу с различными скоростями. Разрушение зерен происходит в результате сочетания деформаций сжатия и сдвига. Причем преобладание того или иного типа деформации зависит от отношения скоростей вальцов и взаимного расположения несимметричных рифлей на поверхности вальцов.

Эффективность работы вальцовых станков определяется степенью измельчения зерна или его частиц, производительностью каждой пары вальцов и удельным расходом электроэнергии.

Степень измельчения характеризуется уменьшением размера частиц и оценивается коэффициентом извлечения. Коэффициент извлечения  $k_n$  (%) определяют просеиванием навески продукта массой 100 г на ситах определенного номера до и после вальцового станка и рассчитывают по формуле

$$k_n = [c - a]/(100 - a) \cdot 100,$$

где  $a$  — масса проходовой фракции в продукте до вальцового станка (недосев), кг;  $c$  — масса проходовой фракции в продукте после вальцового станка, кг.

Зазор между вальцами устанавливают в зависимости от физико-механических свойств измельчаемого продукта и места в технологической схеме (процессы драный, шлифовочный и размольный). Он колеблется в сравнительно широких пределах — от 0,05 до 1 мм. Так, например, на I драной системе номинальный зазор между приваленными невращающимися вальцами должен быть 0,8...1,0 мм; на II драной — 0,6...0,8; на III драной крупной — 0,4...0,6; на III драной мелкой — 0,2...0,4; на IV драной — 0,2...0,3; на размольных системах с рифлеными вальцами — 0,1...0,2 мм, а на остальных размольных системах — 0,05 мм.

Например, удельная нагрузка на I драную систему составляет 32...35 кг/(см·ч), а на 1-ю размольную — 7...8 кг/(см·ч).

*Гомогенизацией* называется процесс измельчения жидких и пюреобразных пищевых продуктов за счет пропускания под большим давлением с высокой скоростью через узкие кольцевые щели. В результате воздействия на продукт различных гидродинамических факторов происходит дробление твердых частиц продуктов и их интенсивная механическая обработка. После гомогенизации количество диспергированных частиц увеличивается примерно в 200...500 раз, а их суммарная поверхность — в 6...8 раз. Гомогенизация не только изменяет дисперсность белковых компонентов продукта, но и влияет на физико-химические свойства продукта (плотность, вязкость, однородность состава и др.).

## 9.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Классификация измельчающих машин приведена на рис. 9.3.

*Резательные машины* предназначены для измельчения растительного сырья на частицы правильной формы (столбики, кружки, кубики) и определенных размеров для соблюдения одинаковых режимов при дальнейшей обработке и дозировке. Качество резки зависит от конструктивных особенностей машины, режима ее эксплуатации, от вида и состояния сырья. Резка сырья осуществляется стальными ножами различной формы (пластинчатыми, дисковыми, треугольными, трубчатыми, серповидными, винтовыми), которые совершают вращательное или колебательное движение.

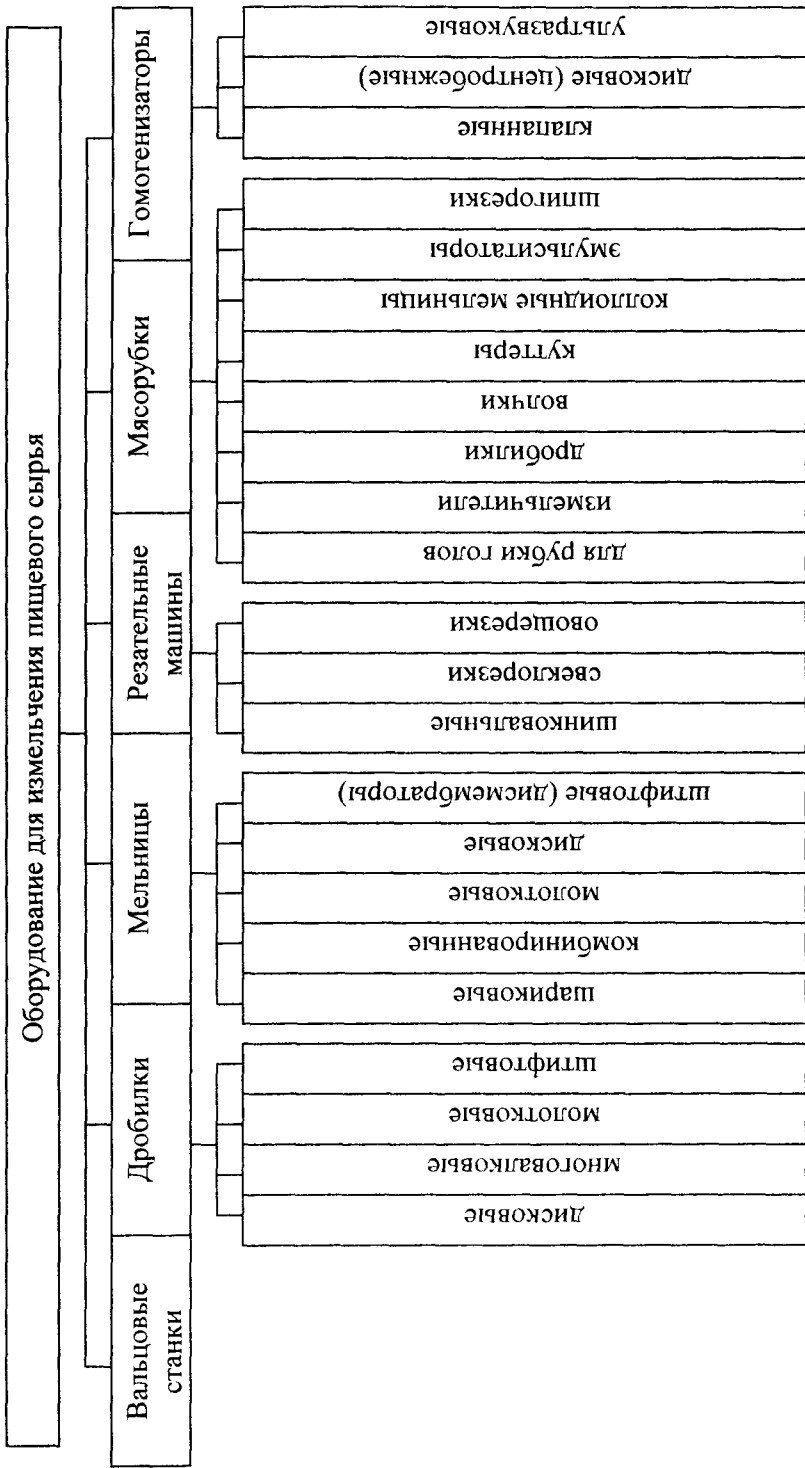


Рис. 9.3. Классификация оборудования для измельчения пищевого сырья

В зависимости от конструкции режущих устройств резательные машины классифицируются на следующие группы:

— центробежные (с неподвижными режущими устройствами), в которых ножевые рамы закреплены в пазах вертикального корпуса, а продукт прижимается к ножам за счет центробежной силы и заклинивающего действия лопастей вращающегося ротора;

— дисковые (с подвижными режущими устройствами), в которых ножи крепятся к вращающемуся диску, а продукт прижимается к ножам специальными прижимами и под действием собственной массы;

— барабанные (с подвижными режущими устройствами), в которых ножевые рамы крепятся в пазах стенки горизонтального вращающегося барабана, а продукт прижимается к ножам специальными устройствами;

— комбинированные, в которых имеются две и более групп ножей, причем одна группа ножей совершает вращательное движение, а другая, как правило, неподвижная и находится в перпендикулярной плоскости.

Действие свеклорезок основано на взаимоотношительном движении свеклы и ножей, которое может осуществляться различно. В некоторых конструкциях свеклорезок, например в резках с горизонтальным диском, движутся ножи, закрепленные во вращающемся диске, свекла же неподвижна; такие свеклорезки называются дисковыми.

В других конструкциях ножи закреплены неподвижно на стенках вертикального цилиндра, свекла движется по внутренней поверхности цилиндра, прижимаясь к ножам действием центробежной силы. Такие резки называются центробежными. В последнее время получили распространение барабанные резки, в которых ножи закреплены на стенках вращающегося горизонтального барабана, а свекла находится внутри барабана и удерживается от вращения особым приспособлением.

В настоящее время наиболее распространенными в сахарной промышленности являются центробежные свеклорезки.

Классификацию машин для резания свеклы (рис. 9.4) можно дать, исходя из взаимного относительного движения свеклы и режущих устройств, а также из конфигурации узла, в котором установлены режущие устройства. В центробежных свеклорезках рамы с ножами закреплены в пазах вертикально установленного корпуса. Свекла, поступающая в свеклорезку, перемещается относительно ножей с помощью ротора и прижимается к ножам при помощи центробежной силы и заклинивающего действия лопастей улитки.

В дисковых свеклорезках ножи с рамами устанавливаются в пазах горизонтально вращающегося диска, свекла же находится в неподвижном состоянии и прижимается к ножам под действием собственной массы и при помощи специальных прижимов. В барабанных свеклорезках ножи с рамами закреплены в пазах стенки горизонтально вращающегося барабана, свекла находится внутри барабана, удерживается от вращения вместе с барабаном и прижимается к ножам специальными устройствами.

Ножи в свеклорезке можно менять на ходу, производительность свеклорезок регулируется изменением частоты вращения ротора или количеством работающих ножей.

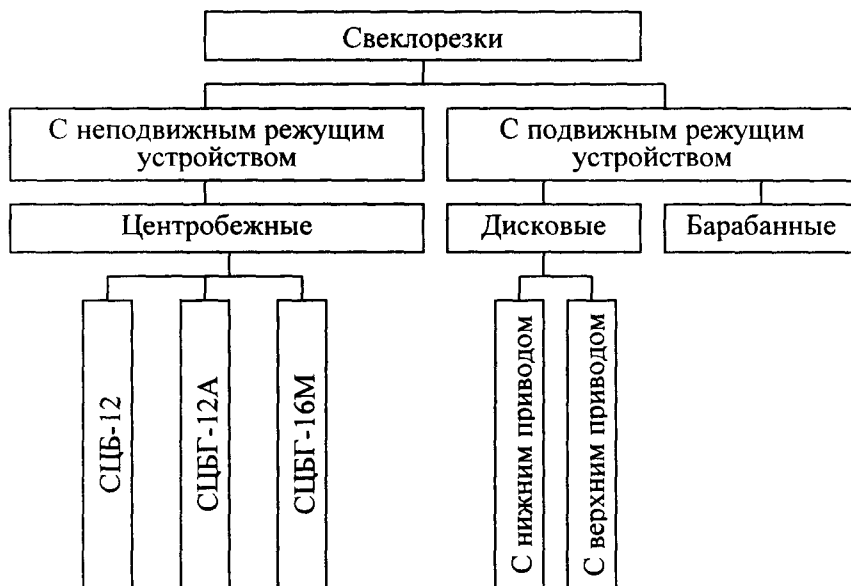


Рис. 9.4. Классификация свеклорезок

Дисковые свеклорезки потребляют меньше энергии, чем центробежные и барабанные, на них получают хорошую свекловичную стружку, но расход ножей на резание 100 т свеклы больше по сравнению с другими типами свеклорезок. Для замены ножей свеклорезку необходимо останавливать.

Барабанные свеклорезки просты по устройству, но в процессе эксплуатации потребляют большое количество ножей и энергии, стружка получается низкого качества, смена ножей осуществляется только при остановке машины.

*Волчки* предназначены для среднего и мелкого измельчения сырья.

Основные части волчка — механизмы подачи, измельчения и привод. Механизм подачи имеет загрузочный бункер, в котором либо смонтирован питатель (принудительная подача), либо его нет (сырье загружается самотеком). По конструкции питатели бывают одно- и двухшнековыми, спиральными, лопастными, пальцевыми, их расположение относительно механизма подачи может быть верхним параллельным или боковым параллельным, перпендикулярным, угловым и соосным (рис. 9.5).

Механизм измельчения волчка бывает коническим, цилиндрическим и плоским. Последний получил наибольшее распространение. Это вызвано не только удобством и быстротой обслуживания, но и возможностью выполнения на нем ступенчатого измельчения, а также простотой изготовления и надежностью работы. Он представляет собой последовательное чередование неподвижных решеток и вращающихся ножей.

Наиболее распространенным является механизм измельчения, состоящий из приемной, промежуточной и выходной решеток, двусторонних и односторонних многозубых ножей. Особенность конструкции инструмента типа решеток — это форма и размеры отверстий, представляющих собой кольцевые режущие кромки. Диаметр отверстий определяет скорость истечения сырья и степень его измельчения. Форма отверстий бывает круглой, квадратной, овальной, фасолевидной, со скосами



и без них и т.д. Ножи для волчков применяют в основном трех- и четырехзубые, сплошные и составные, с одно- и двусторонней заточкой, с прямолинейными и криволинейными режущими кромками. Для жиловки мяса при измельчении используют жилочные ножи перед выходной решеткой волчка. Они имеют разнесенные по зубьям специальные канавки, по которым при измельчении удаляются из зоны резания пленки и сухожилия. Известны также и другие конструкции жилочных ножей.

Привод волчка электромеханический. По конструкции он может быть общим и раздельным для подающего и режущего механизмов, одно- и многоскоростным. Применение раздельного привода связано с заданием различных режимов работы подающего и режущего механизмов в зависимости от свойств измельчаемого сырья.

За основную техническую характеристику волчка принимают диаметр решетки. Наибольшее применение для измельчения мягкого мясного сырья нашли волчки с диаметрами решетки 112, 114, 120, 160 и 200 мм.

В настоящее время получили распространение волчки, которые наряду с измельчением выполняют и другие технологические операции — смешивание, жиловку, посол, наполнение фаршем оболочек при производстве колбасных изделий. Для их выполнения в приемном бункере волчка монтируют детали, которые одновременно перемещивают и нагнетают сырье в механизм измельчения; на горловине волчка устанавливают дополнительные насадки для наполнения колбасных оболочек.

*Куттеры* предназначены для тонкого измельчения мясного мягкого сырья и превращения его в однородную гомогенную массу. До поступления в куттер сырье предварительно измельчают на волчке, но отдельные конструкции куттеров имеют приспособления для измельчения кускового сырья. Куттеры бывают периодического и непрерывного действия.

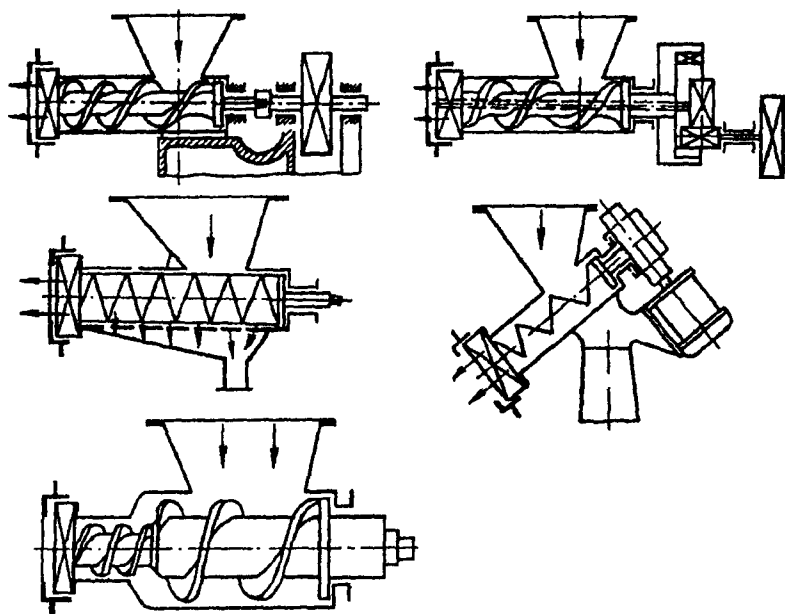
*Коллоидные мельницы и измельчители* применяют для обработки мягкого мясного сырья. Режущий механизм этого оборудования представляет собой одиночные серповидные ножи; ножи, имеющие парную режущую деталь в виде решеток, пальцев, ножен, отражателей, дисков и пр.; комбинированный режущий механизм. Ножи бывают гладкими или зубчатыми. Их устанавливают непосредственно на валу, диске, барабане, крестовине, червяке. Решетки бывают плоскими, цилиндрическими, коническими, неподвижными, подвижными, вращающимися, качающимися; пальцы и отражатели — с острозаточенными гранями. Режущий механизм коллоидной мельницы представляет собой также парную режущую деталь: вращающийся ротор и неподвижный статор. Ротор и статор бывают гладкими и зубчатыми.

Измельченный продукт вытесняется деталями режущего механизма или перемещается вращающимися дисками, лопастями, шнеками.

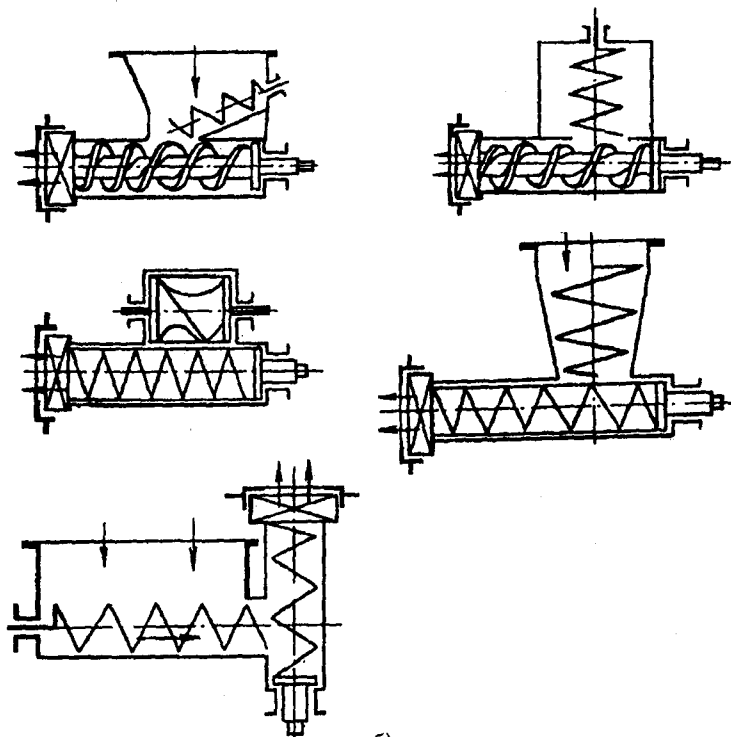
*Гомогенизаторы* подразделяются на клапанные, дисковые или центробежные и ультразвуковые. Основным фактором, определяющим конструкцию гомогенизаторов, является количество плунжеров. По этому признаку выпускаемые гомогенизаторы можно разделить на одно-, трех- и пятиплунжерные.

Схемы конструкций гомогенизирующих головок, используемых в различных типах гомогенизаторов, приведены на рис. 9.6.

Основными рабочими органами гомогенизирующей головки являются седло и клапан, от конструкции которых в известной мере зависит степень дисперсности частиц при гомогенизации. Разнообразие конструкций гомогенизирующих устройств обусловлено стремлением повысить гомогенизирующий эффект за счет повышения турбулентности потока гомогенизируемой жидкости, усиления явлений кавитации, повышения скорости движения жидкости на входе в клапанную щель. Клапанная щель может быть гладкой и волнообразной с постоянным или переменным сечением.



a)



б)

Рис. 9.5. Схема волчков с принудительной (а) и без принудительной (б) подачи сырья

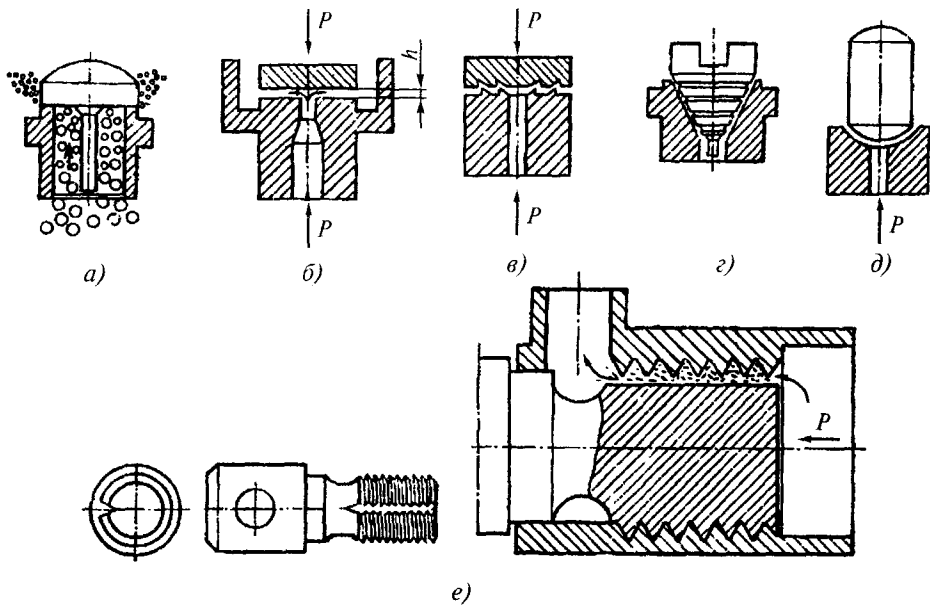


Рис. 9.6. Схемы конструкций гомогенизирующих головок:

*a* — с обыкновенным клапаном; *б* — с клапаном с отражательными стенками; *в* — с клапаном с наклонными и концентричными нарезами в горизонтальной плоскости; *г* — с клапаном с наклонными и концентричными нарезами в наклонной плоскости; *д* — со сферическим клапаном; *е* — с резьбовым клапаном с продольной прорезью

Для преодоления сопротивления при прохождении через узкую щель продукт подается под высоким давлением (15...30 МПа).

Сила  $P$ , прилагаемая при подаче продукта, поднимает клапан, и между ним и седлом образуется узкий канал высотой  $h$ , через который протекает жидкость. Клапан остается над седлом в плавающем состоянии, и вследствие изменения гидродинамических условий (давления, вибрации) высота канала постоянно меняется.

Сила, с которой клапан прижимается к седлу, создается часто пружиной, в некоторых конструкциях — маслом под давлением и может регулироваться. Ее величина определяется давлением, с которым осуществляется подача продукта. Тонкость измельчения (гомогенизация) зависит от давления, конструкции гомогенизирующего органа, равномерности подачи, состояния и предварительной обработки продукта.

Средний диаметр твердых частиц в плодовоовощном пюре или соке определяют по формуле

$$d_{cp} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n d_i^3 n_i / n_i},$$

где  $d_i$  — средний диаметр частиц для каждой группы, м;  $n_i$  — количество частиц в каждой группе, шт.

### 9.3. ВАЛЬЦОВЫЕ СТАНКИ

При производстве муки процесс измельчения зерна и промежуточных продуктов является одним из главных, так как в значительной мере влияет на выход и качество готовой продукции. Измельчение зерна — одна из наиболее энергоемких операций. Технологические приемы и машины, применяемые для измельчения, в значительной степени определяют технико-экономические показатели мукомольного завода.

При выборе оборудования и общей характеристики процесса измельчения на вальцовых станках вводится нормативный показатель средней удельной нагрузки, который определяют отношением суточной производительности размольного отделения мукомольного завода к общей длине мелющей линии. Для вальцовых станков А1-БЗН эта нагрузка составляет 70...75 кг/(см·сут).

Расход электроэнергии не может быть определен аналитически, но установлены определенные практические нормативы удельного расхода электроэнергии на 1 т готовой продукции в целом по заводу.

На основные показатели эффективности вальцового станка влияют отношение окружных скоростей вальцов (дифференциал), состояние поверхности, точность зазора по длине вальцов. Увеличение окружных скоростей вальцов при постоянном дифференциале значительно повышает производительность, несколько увеличивает расход энергии и практически не влияет на гранулометрический состав измельченного продукта. Окружная скорость быстровращающихся рифленых вальцов составляет 5,5...6 м/с, а микрошероховатых — 5,2...5,4 м/с.

Существенное влияние на производительность и характер измельчения оказывает дифференциал. При увеличении дифференциала преобладает разрушение частиц за счет деформации сдвига, при уменьшении — возрастает роль деформации сжатия.

Большое влияние на качество и производительность вальцового станка оказывает не только величина зазора, но постоянство его размера по всей длине вальцов. Правильную цилиндрическую форму вальцов обеспечивают при шлифовке на специальных шлифовально-рифельных станках. На постоянство величины зазора может оказывать также влияние состояние подшипников, пружин-амортизаторов и шарнирных соединений.

На качество измельчения отрицательно влияет радиальное биение вальцов, которое может быть следствием неправильной геометрической формы отклонений при запрессовке полуосей, дефектов литья, вызывающих дебаланс. Чем меньше радиальное биение вальцов, тем стабильнее рабочий зазор, выше качество размола, больше износостойкость вальцов. Поэтому технология обработки вальцов обязательно включает их динамическую балансировку на специальном станке.

Важным условием выполнения всех последовательных технологических этапов измельчения зерна является обеспечение заданных параметров рифленой микрошероховатой поверхности вальцов, которые для каждой технологической системы рекомендованы Правилами и учтены в форме исполнения вальцовых станков. Рифли нарезают на шлифовально-рифельном станке, а микрошероховатую поверхность наносят струей сжатого воздуха и абразивного материала на станке со специальным песткоструйным устройством.

**Вальцовый станок 3М2 двухсекционный** (рис. 9.7) с автоматическим регулированием производительности предназначен для измельчения зерна и промежуточных продуктов размола на мукомольных заводах.

Станок включает: станину 1; вальцы 3 и 28; распределительный 4 и дозирующий 5 валики; аспирационное устройство 2; рычаги 6, 11, 15, 23; винты 7, 17, 24; планку 8; секторную заслонку 9; пружины 10, 22; питающую трубу 12; датчики 13 и 14; механизм грубого привала 19; механизм 25 настройки и выравнивания подвижного вальца; межвальцовую передачу 26; эксцентриковый вал 27 и электродвигатель 29.

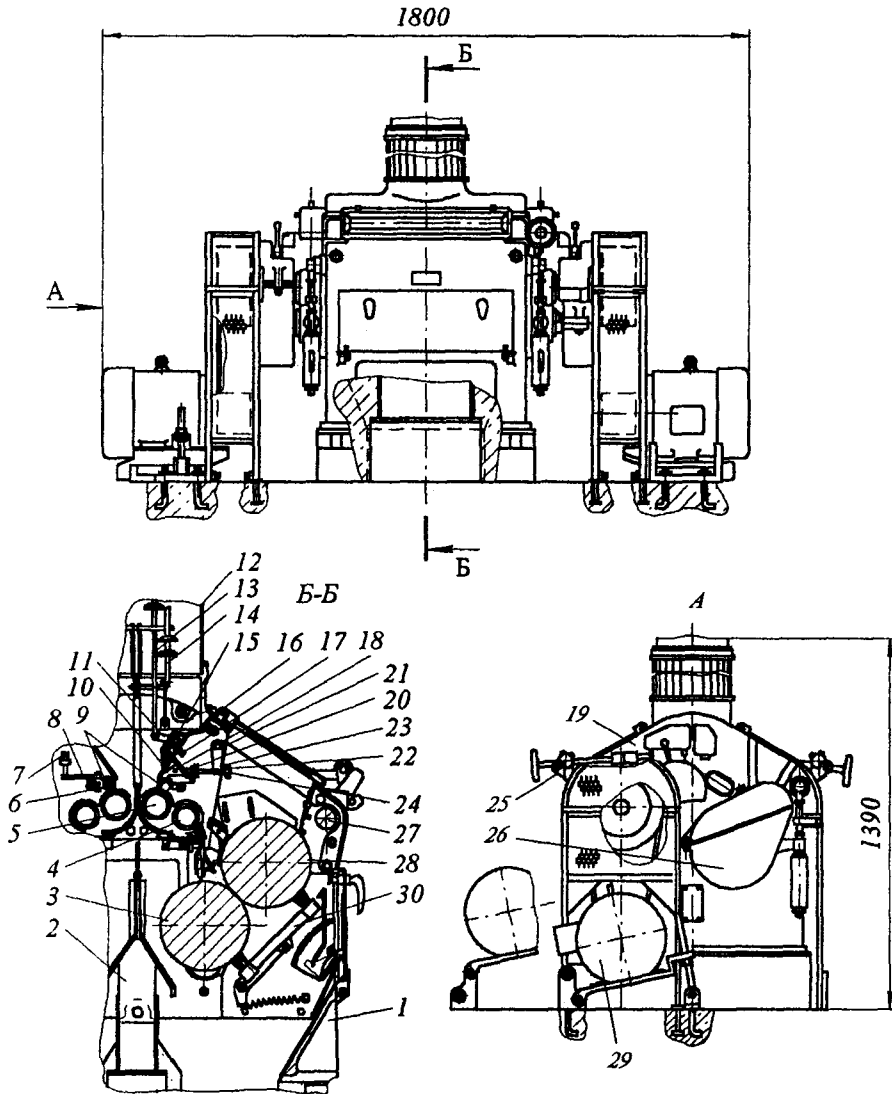


Рис. 9.7. Вальцовый станок 3М2

Мелющие вальцы — это две стальные полуоси и рабочий барабан, изготовленный из никель-хромистого чугуна, наружная поверхность которого отбелена. Вальцы 3 и 28 в станине 1 устанавливают на роликовых подшипниках так, чтобы между линией, соединяющей оси вальцов, и горизонталью был угол  $45^\circ$ . Один из каждой пары вальцов имеет только вращательное движение (быстровращающийся), второй (медленновращающийся) кроме вращательного может иметь и поступательное движение в направлении, перпендикулярном оси. Этим обеспечиваются регулирование

зазора между вальцами, его равномерность по длине вальцов, быстрое сближение (привал) и удаление (отвал), а также прохождение между вальцами твердых посторонних предметов без поломок деталей станка и повреждения вальцов. Вальцы связаны между собой шестеренчатой передачей. Очищают вальцы щетками 30.

Настройку вальцов на параллельность проводят винтовыми механизмами. Для параллельного сближения вальцов служит эксцентриковый механизм. Твердые посторонние предметы проходят между вальцами благодаря кратковременному увеличению зазора при сжатии пружины амортизатора, установленного под рычагом подвижного вальца.

Питающий механизм станка двухваликовый. Распределительный валик 4 имеет разнонаправленные (левые и правые) винтовые рифли, а дозирующий 5 — 35 продольных рифлей на окружности на драных системах и 59 рифлей на размольных. Механизм регулирования питания позволяет автоматически изменять подачу продукта дозирующим валиком в зависимости от поступления его в питающую трубу.

Питающий механизм приводится в движение плоскоременной передачей от ступицы быстровращающегося вальца, а дозирующий — от распределительного посредством шестеренчатой передачи. Щель между секторной заслонкой и распределительным валиком регулируют вручную.

Вальцовые станки типа ЗМ2 выпускают с механическим автоматом, который обеспечивает выполнение следующих операций:

- отвал и привал подвижного вальца;
- выключение и включение вращения питающих валиков;
- закрытие и открытие секторной заслонки.

Отвал и привал вальцов сопровождаются световой сигнализацией. При отвале загораются красные сигнальные лампы. При холостом ходе станка сигнальные лампы включены, при рабочем режиме выключены.

Для регулирования подачи продукта над дозирующим валиком 5 на рычаге 6 шарнирно закреплена секторная заслонка 9, которая соединена тягой 18 и рычагами 11 и 15 с датчиком питания 13, находящимся в питающей трубе станка. Для возврата заслонки в нижнее (закрытое) положение служит пружина 10, усилие которой можно изменять перестановкой ее ушка в отверстиях опорной планки на клапане 16. Для регулирования величины перемещения (хода) секторной заслонки служит винт 17, закрепленный на клапане 16.

Правый кривошип рычага 6 соединен через серьгу 20, винт 24, амортизационную пружину 22, рычаг 23, вал 21 с рычагом автомата управления. Левый кривошип рычага 6 через планку 8 опирается на винт 7, закрепленный на станине, который ограничивает движение секторной заслонки при закрытии ее и исключает поломку деталей.

Предварительную установку величины питающей щели осуществляют вращением винта 24. Дополнительно питающую щель во время работы станка (при очистке питающего бункера) увеличивают путем оттяжки винта 24 за маховичок «на себя».

Включение грубого привала вальцов, вращение валиков 4 и 5, а также перемещение секторной заслонки 9 выполняются автоматически при наполнении продуктом питающей трубы. Обратные процессы протекают также автоматически при прекращении поступления продукта в питающую трубу станка.

**Техническая характеристика станков типа 3М2**

Производительность, т/сут . . . . .	60...100
Частота вращения быстровращающихся валцов, мин <sup>-1</sup> :	
рифленых . . . . .	490
гладких . . . . .	390
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	600
Мощность электродвигателя привода	
валцов одной половины, кВт . . . . .	15,0...22,0
Габаритные размеры, мм . . . . .	1800×1470×1390
Масса, кг . . . . .	2550...3350

**Вальцовый станок А1-БЗН** (рис. 9.8) применяют в составе комплектного оборудования на мукомольных заводах с увеличенным выходом муки высоких сортов и устанавливают группами по четыре и пять машин с общими капотами.

Вальцовый станок состоит из следующих основных узлов: мелющих валцов; привода валцов; механизмов настройки и параллельного сближения валцов; системы привала—отвала валцов; приемно-питающего устройства; станины.

Мелющие валцы 8 установлены парами в обеих половинах станка. Причем линия, соединяющая центры торцевых окружностей валцов, образует угол 30° с горизонталью. С уменьшением этого угла улучшаются условия питания вальцовой пары и увеличивается коэффициент заполнения зоны измельчения.

Мелющие валцы выполнены в виде бочки с запрессованными в нее с обеих сторон цапфами. Твердость поверхности бочек для рифленых и гладких валцов соответственно составляет 490...530 и 450...490 НВ. Бочки и цапфы полые. Глубина верхнего отбеленного слоя бочек 10...20 мм. Номинальный размер бочек 250×1000 мм. Валцы в станке располагают под углом 30° к горизонтали.

Радиальную и осевую нагрузки, действующие на рифленые валцы при измельчении продукта, воспринимают подшипники. Подшипники 1 двух верхних валцов (в каждой половине станка по одному) прикреплены к боковине болтами, причем два из них призонные. Нижний валец каждой половины станка может перемещаться относительно верхнего. Это дает возможность регулировать величину зазора между вальцами, а также обеспечить мгновенный отвал нижнего вальца при прекращении подачи продукта, что позволяет избежать опасной работы валцов «рифлей по рифлям». Для этого корпуса подвижных подшипников 6 и 10 установлены на цапфах 9, запрессованных в отверстиях боковины. Корпуса подвижных подшипников имеют разъемные крышки. Один из корпусов этих подшипников сопрягается с цапфой через эксцентриковую втулку 7, вращением которой изменяют взаимное расположение мелющих валцов и добиваются параллельности.

В корпусах установлены роликовые сферические подшипники 11, внутренние обоймы которых посажены на конические части цапф валцов. Демонтируют подшипники с конической части цапфы специальным гидравлическим съемником. Он нагнетает масло через отверстие цапфы валеца в место сопряжения с конической поверхностью внутренней обоймы. На левых концах цапф закреплены шестерни 3 и 5 межвальцовой передачи, которые закрывают кожухом 4.

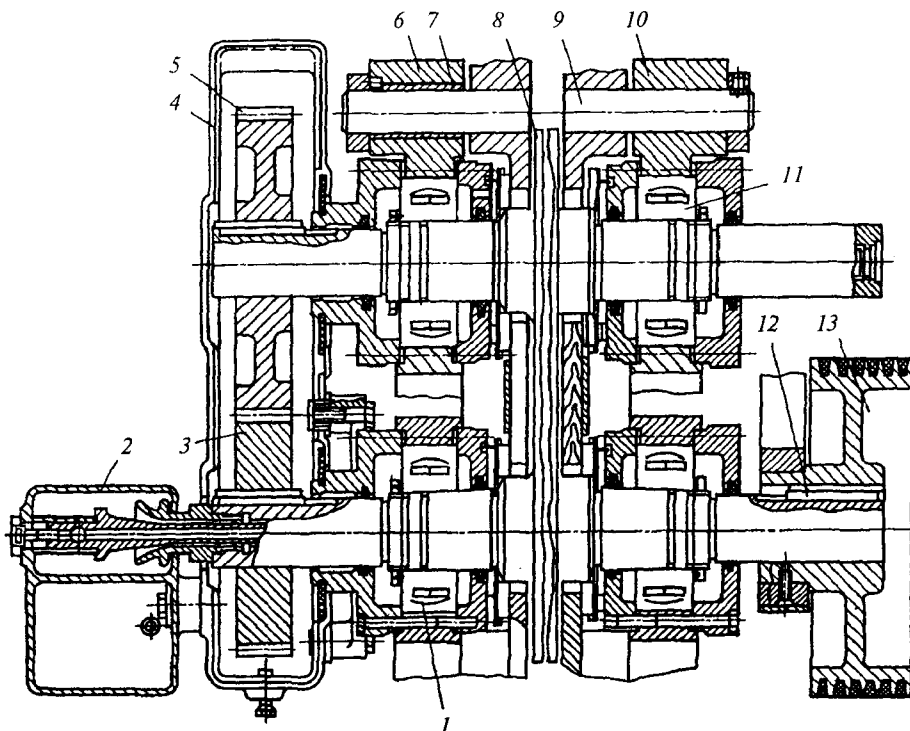


Рис. 9.8. Мелющие вальцы с подшипниковыми узлами, приводом и межвальцовой передачей

Крутящий момент от электродвигателя передается клиноременной передачей на ведомый шкив 13 верхнего быстровращающегося вальца. Для привода применяют узкие клиновые ремни УА-4500-6. Шестерни и шкив закреплены на цапфах шпонками 12. Диаметр ведущего шкива для рифленых вальцов 150 мм, для гладких 132 мм.

К кожуху межвальцовой передачи прикреплен корпус 2 (рис. 9.9) устройства охлаждения быстровращающегося вальца. Консольная трубка 1 введена в пустотелый валец и одним концом жестко прикреплена к корпусу. Внутри корпуса (в подводящей магистрали) смонтирован пробковый кран 3, с помощью которого регулируется подача воды во внутреннюю полость вальца. Отвод воды из вальца в корпус обеспечивает насадка 5, ввернутая в резьбовое отверстие цапфы.

При замене вальцов подачу воды перекрывают вентилем 4, закрепленным на подводящей вертикальной трубе.

Охлаждение вальца происходит следующим образом. Вода через кран, регулирующий подачу, попадает в изолированную камеру, откуда через радиальное отверстие поступает в трубку и из нее разбрызгивается в полость вальца. Центробежные силы инерции, возникающие при вращении вальца, способствуют хорошему омыванию внутренней его полости и отводу тепла. При нормальной работе системы охлаждения температура быстровращающегося вальца не должна превышать 60 °С. По данным испытаний, температура поверхности вальца не превышает 36 °С, а продукта после измельчения — 25°С.



Охлаждение валцов оказывает положительное влияние на технологические показатели помола. Снижение температуры в зоне измельчения предотвращает подсушивание оболочек и перегрев продуктов размола. Уменьшение влагоотдачи стабилизирует влажность продуктов измельчения, соответственно снижается накапливание зарядов статического электричества. В охлажденных продуктах меньше вероятность конденсации влаги в самотечных трубах и на ситах рассевов. Снижение теплового расширения охлаждаемых валцов обеспечивает стабильность рабочего зазора. Для улучшения теплообмена внутренняя поверхность вальца должна быть обработана так, чтобы не было глубоких раковин, заусениц и других неровностей.

Устройство подачи зерна выполнено: для I драной системы в виде дозирующего и промежуточного валиков, для остальных систем с рифлеными вальцами (кроме 12-й размольной) в виде сочетания дозирующего валика и шнека; для размольных систем в виде сочетания распределительного и дозирующего валиков. Привод устройства подачи зерна обеспечивает плоскоременная передача.

Изменения передаточного числа редуктора и, следовательно, частоты вращения дозирующего валика у станков драных систем (кроме первой) и 11-й, 12-й размольных систем достигают применением механизма с вытяжной шпонкой, управляемого рукояткой через реечную шестерню. Другие исполнения устройств подачи продукта не имеют шпонки в редукторах. Вращение от ведомого шкива плоскоременной передачи редукторам передается через кулачковую муфту, включение которой заблокировано с грубым привалом валцов посредством рычагов и вилки.

Для автоматического регулирования подачи зерна (рис. 9.10) над дозирующим валиком 5 на шарнирах подвешена заслонка 1. Она соединена через рычаги, ролик, кронштейн и валик с датчиком 3 питания, выполненным в виде двух шторок.

Для регулирования воздействия зерна и, следовательно, чувствительности сигнализатора предназначена пружина 6. Деформация последней изменяется перемещением гайки 7 относительно винта 8. Для станков драных систем (кроме I и IV мелкой) кромка заслонки зубчатая, для станков остальных систем — гладкая. Диапазон автоматического перемещения заслонки регулируют ограничительным винтом 2. В зоне поступления зерна (в горловине станка) установлен зонд 4.

Механизм настройки параллельности валцов состоит из маховика 25, соединенного шпонкой с втулкой 26 (рис. 9.11). В ее резьбовое отверстие ввернут винт 27. Одним из торцов, имеющим прямоугольные направляющие, винт контактирует с роликом рычага 24, установленного на шипе эксцентрикового вала. К рычагу шарнирно закреплена подвеска 1.

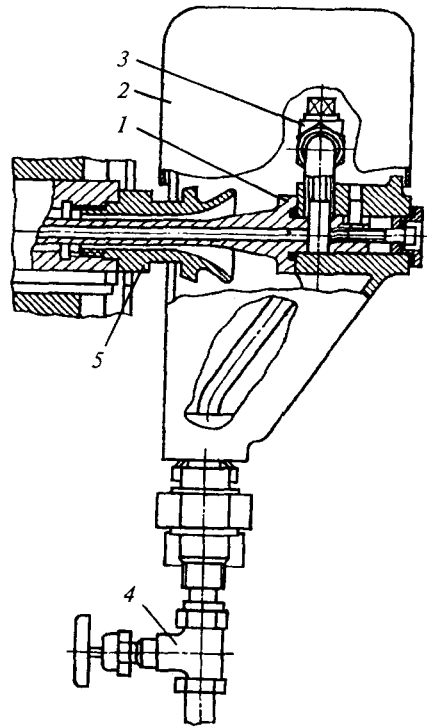


Рис. 9.9. Устройство охлаждения вальца станка 3М2

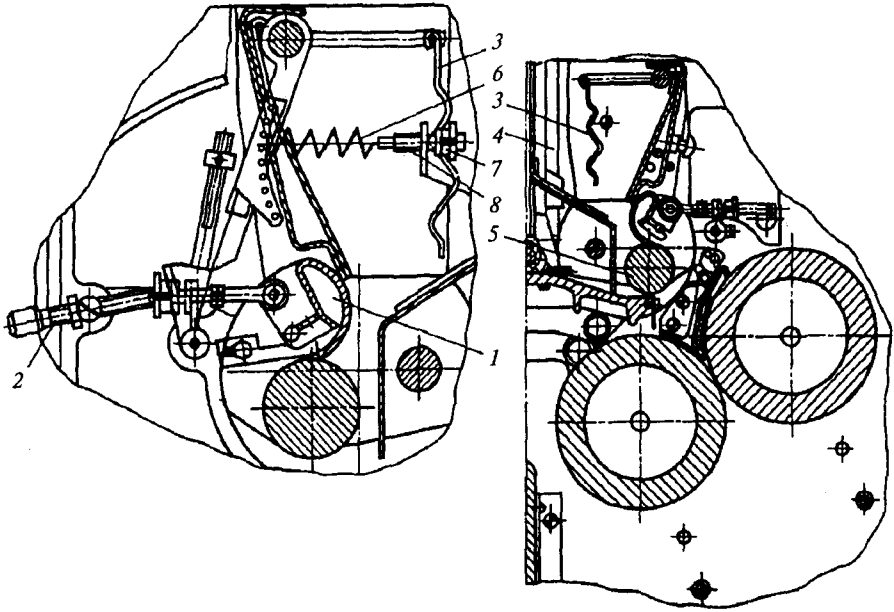


Рис. 9.10. Устройство автоматического регулирования подачи зерна

На ней смонтированы предохранительные пружины 33, обеспечивающие безопасный проход между вальцами инородных тел диаметром до 5 мм. На верхний торец предохранительных пружин опирается свободный конец корпуса подвижных подшипников 31.

В состав устройства также входят: болты 9 и 10; ограничительный винт 11; рычаги 2, 3, 8, 13, 14, 24; воздухораспределитель 15; ролик 16; кронштейн 17; винты 7, 19, 27; гайка 20, горловина 22 станка; подшипники 23, 32; боковина 29 станины.

Механизм обеспечивает параллельное сближение вальцов после их настройки. Грубого привала вальцов достигают вращением эксцентрикового вала вручную (за рукоятку винта 7, соединенного с рычагами 2 и 3, образующими механизм параллельного сближения) или от штока пневмоцилиндра 34.

В первом случае защелка 6 на рычаге 2 зацепляется с упором 4 и обеспечивает приваленное положение вальцов. Во втором случае вращением эксцентрика 5 исключают зацепление защелки 6 с упором 4, а привал вальцов обеспечивают сжатым воздухом с номинальным давлением  $5 \cdot 10^{-5}$  Па. Рабочая полость пневмоцилиндра через электропневматический клапан 30 может соединяться с магистралью сжатого воздуха или атмосферой. Давление сжатого воздуха в цилиндре контролируют по манометру на пульте управления. Грубый отвал вальцов обеспечивают пружиной и массой нижнего вальца.

Сигнализатор уровня состоит из зонда, головки 21 и релейного блока 28. При наполнении зерном питающей трубы сигнализатор уровня позволяет обеспечить автоматическое включение грубого привала вальцов и вращение питающих устройств. Обратные процессы происходят также автоматически при прекращении поступления зерна в питающую трубу. Местное управление грубым привалом осуществляют двухходовым распределителем воздуха, рукоятка которого расположена на лицевой панели станка.

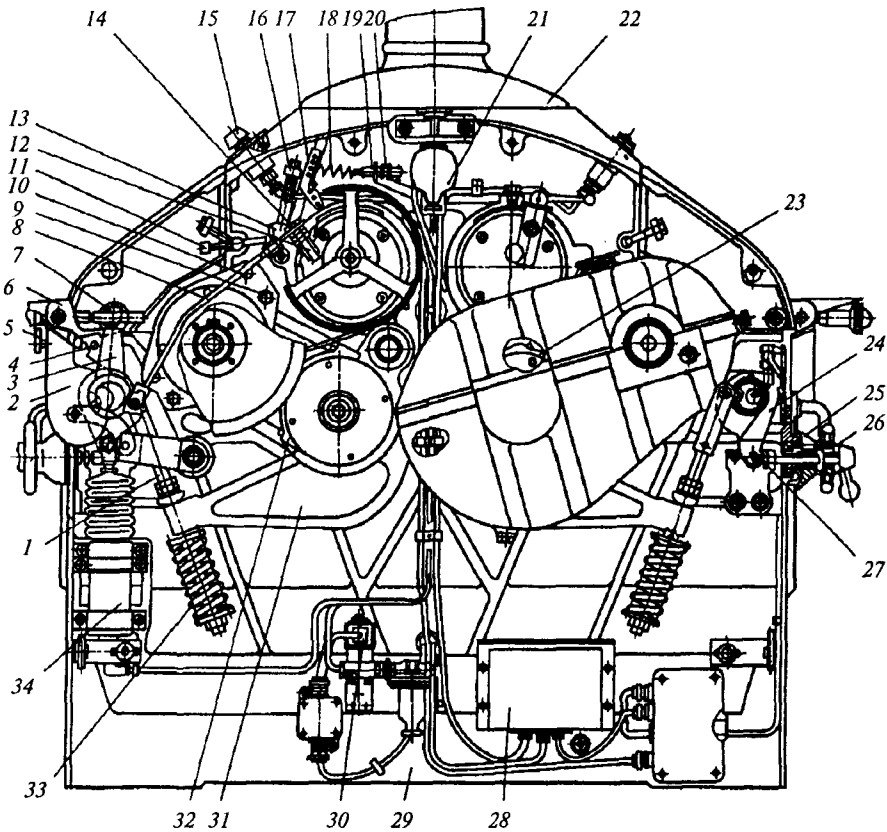


Рис. 9.11. Механизм настройки параллельности валцов в вальцовом станке А1-Б3Н

Сигнализацию холостого хода обеспечивает автоматическое загорание лампочки, находящейся на лицевой панели.

В процессе поступления зерна в питающую трубу изменяется электрическая емкость зонда 4. Емкость зонда преобразуется электрической схемой головки 21 в напряжение, которое управляет работой реле блока 28. Это обеспечивает срабатывание электропневматического клапана, приводной механизм которого соединяет магистраль сжатого воздуха с рабочей плоскостью пневмоцилиндра. Поршень перемещает шток вверх, а от него (через винт 7 и рычаги 2, 3) поворачивается эксцентриковый вал. Шипы последнего перемещают вверх рычаг 24, подвеску 1, предохранительную пружину 33 и свободные концы подвижных подшипников 32. Происходит привал валцов. Одновременно рычаг 8 освобождает рычаг 14 и вилку 12.

Под действием пружины ведомая полумуфта кулачковой муфты входит в зацепление с ведущей полумуфтой и вращение через редукторы начинает передаваться следующим образом: в станках I драной системы — через промежуточный валик дозирующему; в станках с рифлеными вальцами остальных систем — шнеку и дозирующему валику; в станках с гладкими вальцами — дозирующему и распределительному валикам для подачи зерна на измельчение.

Под действием массы зерна, преодолевая сопротивление пружины 18, датчик 3 питания перемещает валик, рычаги, ролик. В результате через гайку и винт проворачивается заслонка 1 и в зазор между ней и дозирующим валиком поступает зерно. При уменьшении массы зерна, поступающего в питающую трубу, уменьшается давление на датчик. В результате под действием пружины 18 и собственной массы заслонка 1 опускается к дозирующему валику 5, уменьшая подачу зерна.

Если измельчение по концам валцов неодинаковое, то вращением маховика 25 поднимают или опускают свободные концы корпусов подвижных подшипников, т. е. выравнивают рабочий зазор между валцами. При прекращении поступления зерна в питающую трубу емкость зонда изменяется. При этом головка зонда и релейный блок размыкают цепь электропневматического клапана. В результате прекращается подача сжатого воздуха в пневмоцилиндр и под действием пружины через эксцентриковый вал соответствующие рычаги и винт происходит отвал валцов.

На различных системах валцы отличаются друг от друга по параметрам нарезки рифлей. Это обеспечивает высокую технологическую эффективность.

Кроме того, исполнение валцовых станков отличается устройством подачи зерна, учитывающим его особенности, мощностью электродвигателей, типом очистителей. Наиболее нагружен электродвигатель валцового станка на I драной системе. Его мощность 18,5 кВт. На последующих системах мощность электродвигателей уменьшается в соответствии с уменьшением количества измельчаемого продукта. К отличительным особенностям следует отнести разницу в конструкции капотов и диаметр приводных шкивов.

В процессе размола к рабочей поверхности валцов прилипают лепешки измельченных частей зерна. Для очистки рифленых валцов всех систем, кроме I, II драных; 12-й размольной, установлены щетки 30 из полимерного материала. Микрошероховатые валцы и валцы 12-й размольной системы очищаются ножами. Для улучшения условий запуска приводного электродвигателя необходимо, чтобы ножи соприкасались с поверхностью валцов только после привала. Это достигается блокировкой перемещения ножей с поворотом эксцентрикового вала посредством тросов. Зазор между валцами и ножами не должен превышать 0,02 мм.

Величину зазоров между приваленными валцами проверяют на расстоянии 50...70 мм от их торцов (величина зазора должна составлять для I драной системы, мм: 0,8...1,0; для II драной — 0,6...0,8; для III драной крупной — 0,4...0,6; для драной мелкой — 0,2...0,4; для рифленых валцов размольных систем — 0,1...0,2; для гладких валцов — 0,05). Зазоры между заслонкой и дозирующим валиком должны быть на драных системах не более 0,35 мм, на размольных — не более 0,15 мм. Зазоры между валцами и ножами не должны превышать 0,02 мм.

Форма исполнения валцовых станков включает следующие переменные параметры:

- сочетание половин станка для определенной технологической системы;
- характер рабочей поверхности мелющих валцов (параметры рифления или микрошероховатости);
- отношение окружных скоростей мелющих валцов — дифференциал (2,5 или 1,25);
- способ очистки мелющих валцов (нож, щетки);
- варианты устройства механизма подачи исходного продукта (тип валкового питателя, наличие редуктора, кромка заслонки, диаметры шкивов плоскоременной передачи);

мощность электродвигателя каждой половины станка;  
диаметры приводных шкивов (150 и 132 мм);  
вариант установки электродвигателя (на перекрытие или под ним);  
способ капотирования вальцовых станков (групповой, индивидуальный).

Настройка и регулирование станка заключаются в следующем. До пуска вальцового станка проверяют: наличие смазки, работу привально-отвального механизма, отсутствие заклинивания вальцов (при вращении их вручную); крепление резьбовых и других соединений, правильность установки и равномерность рабочего зазора между приваленными неподвижными вальцами на расстоянии 50...70 мм от их торцов; перемещение очистителей вальцов при привале—отвале; состояние приводных ремней.

При работе вальцового станка под нагрузкой проверяют: работу привала привально-отвального механизма от пневмопереключателя, от системы местного и дистанционного управления, в автоматическом режиме; блокировку включения питающих валков и перемещения заслонки; нагрев подшипников (температура не более 60 °С); работу электросхемы и аппаратуры, подачу воды, работу подводящих и отводящих коммуникаций и транспортных устройств.

Настройка и оперативное регулирование режима размола каждой половины станка под нагрузкой сводится в основном к регулированию системы питания и рабочего зазора между мелющими вальцами.

У станков, имеющих в механизме питания редуктор, устанавливают вначале минимальную скорость дозирующего валка и далее подбирают оптимальную скорость вращения. Не допускается переключение скоростей на ходу.

В соответствии с распределением нагрузок по технологическим системам с помощью регулятора вручную устанавливают минимальную величину питающего зазора между заслонкой и дозирующим валком: на драных системах — 0,35 мм, на размольных — 0,15 мм. Максимальный питающий зазор, устанавливаемый ограничительным винтом, должен обеспечивать верхний предел подачи исходного продукта, при котором токовая нагрузка электродвигателя по показаниям амперметра не превышала бы 80 % номинальной. Если это условие не соблюдается, питающий зазор должен быть уменьшен.

Регулирование системы питания и рабочего зазора следует проводить с постоянным контролем нагрузки электродвигателя, а также подводящих и отводящих транспортных систем.

На станках размольных систем визуально проверяют равномерность распределения продукта по длине распределительного валка. На каждой половине вальцового станка проверяют извлечение, которое должно соответствовать действующим Правилам.

При настройке режима размола проверяют чувствительность автоматической системы регулирования подачи исходного зерна в установленном диапазоне, расположение конуса продукта в приемной трубе относительно чувствительного элемента сигнализатора уровня.

После настройки режима размола должны быть затянуты контрольные устройства органов регулирования. В дальнейшем для данной помольной партии не следует корректировать режим помола, который должен обеспечивать стабильные результаты в течение длительного времени.

Отличительные особенности вальцовых станков типа А1-БЗН от ранее выпускаемых отечественных моделей состоят в следующем:

вальцы изготовляют пустотелыми, что снижает металлоемкость станков; улучшены условия питания;

наличие водяного охлаждения быстровращающихся валцов создает стабильный тепловой режим в зоне измельчения, что благоприятно сказывается на количественно-качественных показателях процесса измельчения, одновременно охлаждаются подшипники;

совокупность конструктивных особенностей, высокой точности обработки, применение износостойкого рабочего слоя валцов существенно повышает их долговечность: рифленых — до трех лет, гладких — до десяти лет;

автоматическая система привала—отвала нижнего вальца сблокирована с системой управления подачей исходного продукта, что позволяет дистанционно управлять станком, обеспечивая стабильность и надежность его работы;

применение конической посадки подшипников позволяет производить демонтаж их гидравлическим съемником. Наличие горизонтального разъема в корпусе подшипников дает возможность снимать их вместе с подшипниками. Значительно снижается трудоемкость этой операции;

в формах исполнения валцовых станков с большим количеством переменных параметров максимально учтена специфика каждой технологической системы;

наличие трех моделей валцовых станков: А1-БЗН, А1-БЗ-2Н и А1-БЗ-3Н — повышает их универсальность и область использования.

### Техническая характеристика станков типа А1-БЗН

Производительность, т/сут. . . . .	84
Расход воды на охлаждение половины станка, м <sup>3</sup> /ч, не более . . . . .	0,3
Частота вращения быстровращающихся валцов, мин <sup>-1</sup> :	
рифленых . . . . .	420...460
гладких . . . . .	395...415
Давление сжатого воздуха, МПа . . . . .	0,5
Расход воздуха на аспирацию для валцового станка А1-БЗ-2Н, м <sup>3</sup> /мин, не более . . . . .	10
Расход воздуха на пневмотранспорт для половины валцового станка А1-БЗ-3Н, м <sup>3</sup> /мин, не более . . . . .	27
Мощность электродвигателей, кВт, для систем:	
I драной . . . . .	18,5
II драной, 1-й и 2-й размольных . . . . .	15
III драной, 1-й и 2-й шлифовочных, 3, 4, 6, 8, 9, 10-й размольных . . . . .	11
IV драной, 5...12-й размольных . . . . .	7,5
Габаритные размеры, мм, не более . . . . .	1800×1700×1400
Масса, кг (без электропривода, капотов и электроаппаратуры) . . . . .	2700

**Инженерные расчеты.** Производительность пары валцов зависит от их длины, зазора между ними, скорости прохождения измельчаемого продукта и его объемной массы, а также от степени использования зоны измельчения.

Производительность  $\Pi_m$  (кг/ч) одной пары вальцов вальцового станка теоретически определяется формулой

$$\Pi_m = 3,6 \cdot 10^{-6} b L v_{\text{пр}} \rho \psi,$$

где  $b$  — зазор между вальцами, мм;  $L$  — длина вальца, мм;  $v_{\text{пр}}$  — условная средняя скорость продукта в зоне измельчения, м/с:

$$v_{\text{пр}} = (v_6 + v_m) / 2,$$

здесь  $v_6$  и  $v_m$  — соответственно скорость быстро- и медленновращающегося вальца, м/с;  $\rho$  — плотность измельчаемого продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi$  — коэффициент заполнения зоны измельчения.

Для определения фактической производительности  $\Pi_\phi$  (кг/ч) пары вальцов пользуются формулой

$$\Pi_\phi = qL,$$

где  $q$  — удельная нагрузка на единицу длины мелющей линии, кг/(м·ч);  $L$  — длина вальца, м.

#### 9.4. ДРОБИЛКИ

Измельчающие машины предназначены для размола сырья, полуфабрикатов и отходов до очень малого размера частиц, обычно не более 12...20 мкм.

Все измельчающие машины разделены на следующие группы: дисковые, многовалковые, молотковые, штифтовые, шариковые и комбинированные дробилки.

**Дробилка А1-КДО** (рис. 9.12) предназначена для измельчения сушеных овощей, картофеля, прямой зелени, а также других продуктов в линии производства пищевых концентратов производительностью 2,5 т/ч.

Дробилка состоит из транспортера 9, рушителя 7, измельчителя 2.

Транспортер выполнен в виде бесконечной ленты 8, охватывающей ведущий и ведомый барабаны. Лента снабжена скребками для подачи монолитных кусков, попадающих в исходном сырье, на вращающийся ротор рушителя, а также для зачистки днища транспортера при реверсивном движении ленты.

Рушитель предназначен для предварительного разрушения крупных монолитных кусков с последующей их подачей в измельчитель. Основной рабочий орган рушителя — ротор — представляет собой вал 6, выполненный в средней части из трубы с закрепленными на ней четырьмя планками 5 со штифтами.

Измельчитель предназначен для измельчения исходного продукта до требуемой крупности и подачи его к выпускному патрубку 4. Рабочими органами измельчителя является ротор 3 и две деки 1. Ротор выполнен в виде цилиндрического вала, опирающегося на два радиальных шарикоподшипника, которые закреплены в торцевых крышках сварного корпуса. Ротор приводится во вращение от фланцевого электродвигателя.

Деки выполнены в виде гнутых кронштейнов из уголка с прикрепленными к ним обечайками, охватывающими ротор. Деки установлены в корпусе шарнирно и подпружинены для удобства регулирования зазора между ними и ротором, а также для предотвращения поломки рабочих органов при попадании в измельчитель посторонних твердых предметов.

Корпус измельчителя снабжен дверками для удобства обслуживания.

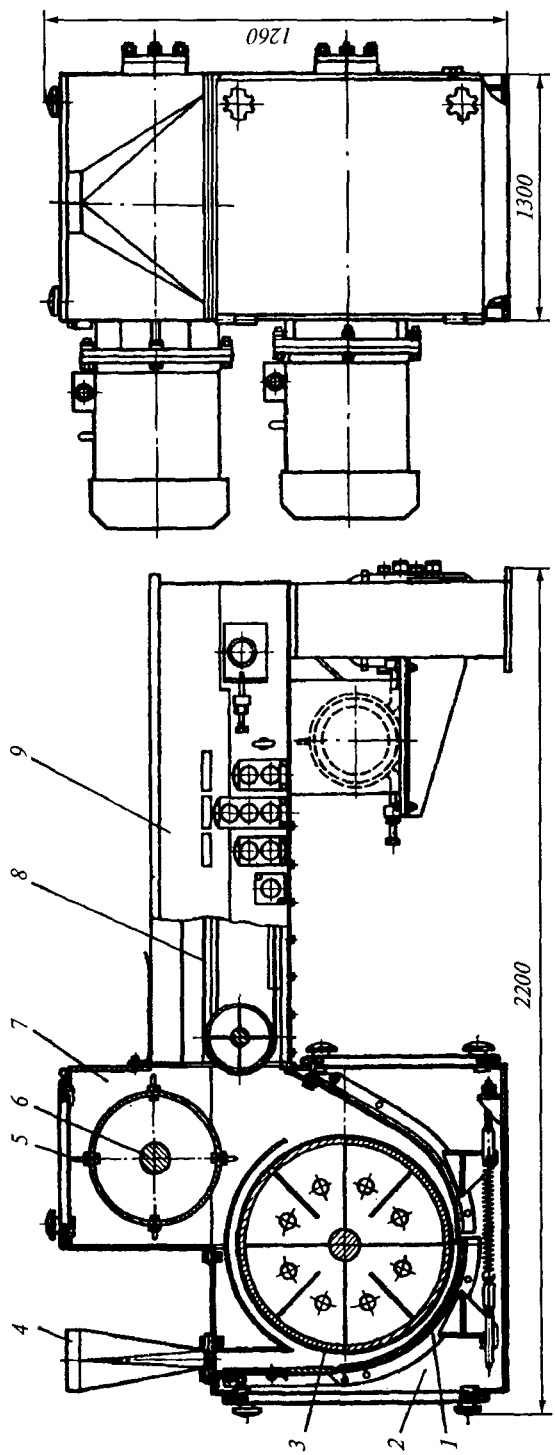


Рис. 9.12. Дробилка А1-КДО



Исходный продукт высыпается на транспортер и подается к измельчителю. В случае обнаружения в исходном продукте крупных монолитных кусков необходимо включить рушитель для предварительного разрушения их на более мелкие. Далее продукт рушителя и мелкий поступает в клиновидное входное отверстие измельчителя, увлекается вращающимся ротором измельчителя в зазор между ротором и деками измельчителя и выбрасывается в выпускное отверстие, где подхватывается пневмотранспортом.

Техническая характеристика дробилки А1-КДО приведена в табл. 9.1.

**Дробилка А1-КДП** предназначена для измельчения пряностей и других продуктов в линиях производства пищевых концентратов.

Дробилка (рис. 9.13) состоит из литого корпуса 1, образующего вместе с откидной крышкой 2 рабочую камеру 3, ротора 4 со съемным штифтовым диском 5, неподвижного диска 6 со штифтами, закрепленного на крышке, питателя 7 с магнитной защитой, металлосборника 8 и пневмоприемника 9.

Продукт по самотеку поступает в питатель 7, где происходит отбор металломагнитных примесей, после чего по каналу полой крышки он попадает в центр рабочей камеры 3. В камере происходит измельчение продукта при проходе его через зазоры между штифтами. Измельченный продукт попадает в пневмоприемник 9 и удаляется из дробилки пневмотранспортом.

Производительность дробилки регулируется при помощи заслонки в питателе.

Техническая характеристика дробилки А1-КДП приведена в табл. 9.1.

**Дробилка ВДР-5** предназначена для измельчения плодов. Она состоит (рис. 9.14) из ротора, бункера 1, камеры измельчения и дек с механизмом регулирования. Ротор состоит из ступицы 7, на которой крепятся два диска 2 и 6 с ножами для грубого и мелкого измельчения, и лопасти. Камера измельчения включает в себя корпус 11 и крышку 12. К корпусу 11 крепится бункер 1, выгрузочный рукав 5, фланцевый электродвигатель 9 и сварная станина 10. В корпусе установлены защитная воронка 8, предохраняющая электродвигатель от попадания влаги, и две деки 3 и 4, одна из которых имеет возможность перемещаться относительно другой.

Дробилка работает следующим образом. В бункер загружаются плоды, которые падают на вращающийся верхний диск 2. Два ножа, закрепленные на этом диске, производят грубое измельчение. Далее предварительно измельченная масса падает на нижний диск 6, который своими внутренними лопастями прижимает ее к подвижной деке и окончательно измельчает ножами. Измельченная масса под действием центробежной силы и наружных лопастей удаляется через выгрузочный рукав. Степень измельчения продукта регулируется изменением площади щелей дек путем поворота подвижной деки относительно неподвижной.

Техническая характеристика дробилки ВДР-5 приведена в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Техническая характеристика дробилок

Показатель	А1-КДО	А1-КДП	ВДР-5
Производительность, кг/ч	500	500	5000
Частота вращения ротора, с <sup>-1</sup>	25	48,6	150,7
Мощность электродвигателя, кВт	22,5	7,5	10,0
Габаритные размеры, мм	2200×1300×1260	655×940×1340	934×644×1142
Масса, кг	1200	450	250

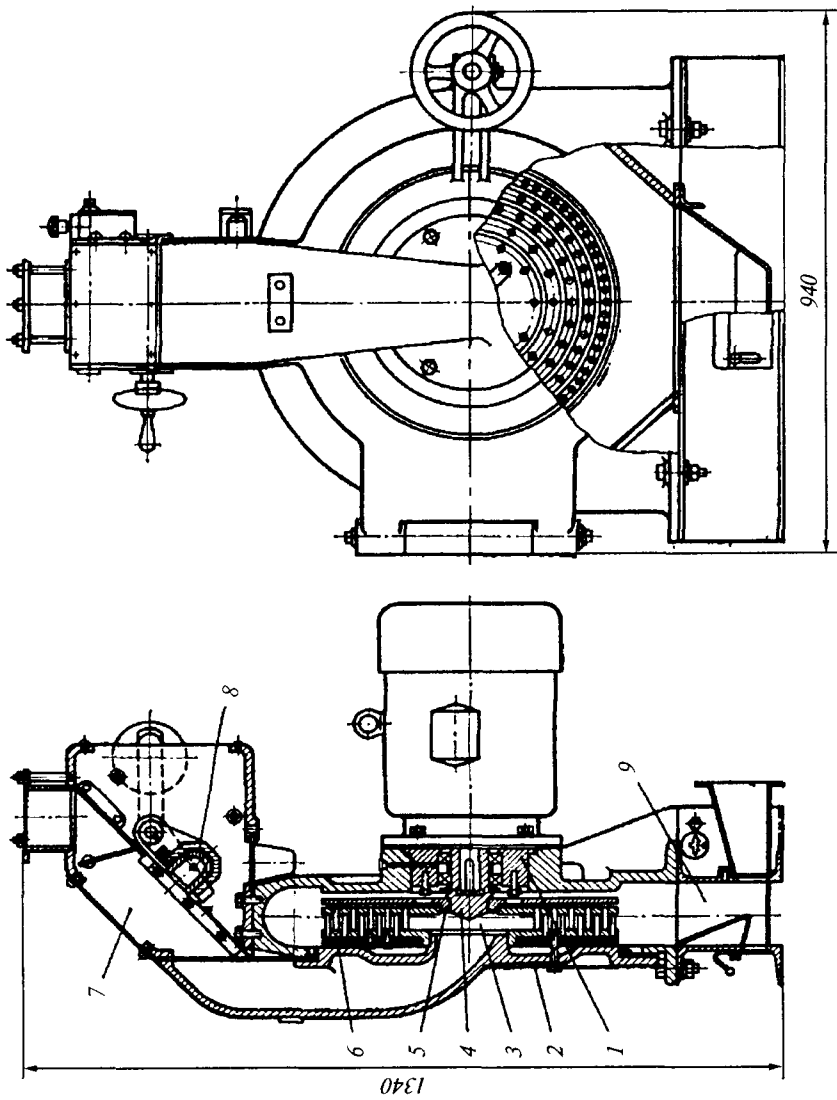


Рис. 9.13. Дробилка А1-КДП

**Перцемолка Я4-ФБЦ** (рис. 9.15) предназначена для измельчения специй (перца).

Она состоит из бункера 1, дозировочного механизма 2, корпуса 3, емкости для сбора измельченного перца 11, электродвигателя 12, кожуха 13, рамы 14.

Перец дробится и отбрасывается к внутренней поверхности дек 5, которые способствуют его быстрому измельчению. Часть раздробленного перца, отлетая от дек, вновь попадает в рабочую зону помола, где под ударами вращающихся молотков 4 дополнительно измельчается. Часть перца, оказавшегося вне зоны активного помола, захватывается потоком воздуха, созданным крыльчаткой 6, получает дополнительное ускорение и вновь попадает в активную зону. Полученная фракция просеивается сквозь сито 10 и через выгрузочное отверстие в корпусе поступает в емкость.

Крышка 7 обеспечивает быстрый доступ в рабочую зону при ее обслуживании и ремонте. Заслонка 8 крепится на крышке 7 с помощью винта 9.

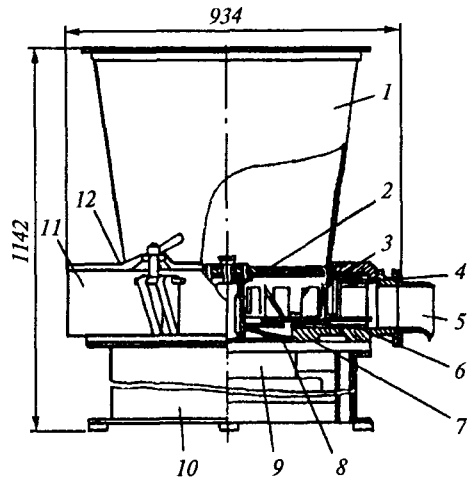


Рис. 9.14. Дробилка ВДР-5

### Техническая характеристика измельчителя специй Я4-ФБЦ

Производительность, кг/ч . . . . .	60...70
Установленная мощность, кВт . . . . .	1,5
Габаритные размеры, мм. . . . .	565×340×965
Масса, кг . . . . .	132

**Инженерные расчеты.** Чтобы на вал и подшипники дробилки не передавались ударные импульсы от молотков, квадрат радиуса инерции молотка  $r_c$  относительно точки его подвеса к диску должен быть равен расстоянию от центра тяжести молотка до оси подвеса  $c$ , умноженному на расстояние  $l$  от той же оси подвеса до конца молотка, т.е.

$$r_c^2 = cl.$$

Для соблюдения этого условия координату точки подвеса пластинчатого молотка прямоугольной формы с одним отверстием (рис. 9.16) определяем по уравнению

$$c = (a^2 + b^2)/6a,$$

где  $a$ ,  $b$  – длина и ширина молотка, м.

Квадрат радиуса инерции молотка относительно его центра тяжести

$$r_{ц.т}^2 = (a^2 + b^2)/12.$$

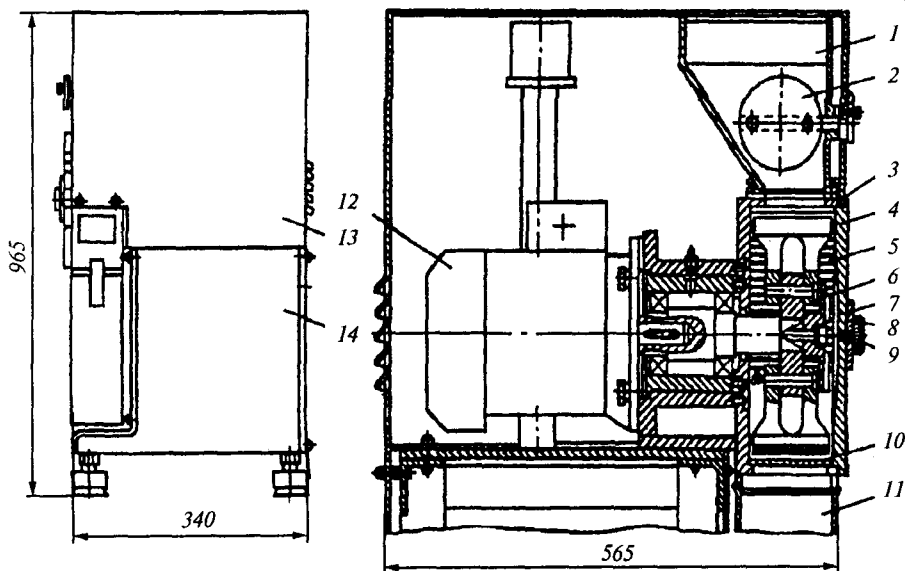


Рис. 9.15. Перцемолка Я4-ФЗ

Квадрат радиуса инерции молотка относительно его оси подвеса

$$r_0^2 = r_{ц.т}^2 + c^2.$$

Расстояние от конца молотка до его оси подвеса

$$l_1 = c + 0,5a.$$

Проверка обеспечения безударной работы молотка

$$r_c^2 = cl_1.$$

Конструктивное назначение расстояния от оси подвеса молотка до оси ротора (во избежание нарушения устойчивой работы молотковой дробилки это расстояние должно быть больше расстояния от конца молотка до его оси подвеса)

$$l_0 > l_1 \quad \text{или} \quad l_0 = l_1 + (3+6) \cdot 10^{-3}.$$

Радиус наиболее удаленной от оси ротора точки молотка  $l_0$  (м)

$$l_0 + l_1 = R_1.$$

Частота вращения ротора  $\omega$  ( $c^{-1}$ )

$$\omega \geq v/R_1,$$

где  $v$  — минимальная окружная скорость молотков, м/с.

Центробежная сила инерции молотков  $F$  (Н)

$$F = G_m \omega^2 R_c.$$

где  $G_m$  — масса молотка, кг;  $G_m = V_m \cdot \rho_m \cdot \rho_m$  — плотность материала молотка, кг/м<sup>3</sup>;  $V_m$  — объем молотка, м<sup>3</sup>;  $R_c = (l_0 + c)$  — радиус окружности расположения центров тяжести молотков, м.

Диаметр оси подвеса молотка  $a$  (м)

$$a = 1,36 \sqrt[3]{F \delta / [\sigma]_{из}}$$

где  $[\sigma]_{из}$  — допускаемое напряжение при изгибе, МПа;  $\delta$  — высота молотка, м.

Толщина ротора  $H$  (м)

$$H \geq F / (d[\sigma]_{см}),$$

где  $[\sigma]_{см}$  — допускаемое напряжение при смятии, МПа.

Минимальный размер переемычки между отверстиями для оси подвеса и наружной кромкой диска  $h_{min}$  (м)

$$h_{min} \geq 0,5F / (\delta[\sigma]_{ср}),$$

где  $[\sigma]_{ср}$  — допускаемое напряжение на срез, МПа.

Наружный радиус диска  $R_g$  (м)

$$R_g = l_0 + 0,5d + h_{min}.$$

Диаметр вала в опасном сечении у шкива  $d_0$  (м)

$$d_0 = 0,052 \sqrt[3]{N / \omega}.$$

Производительность молотковой дробилки  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = K_1 \rho_n D^2 L \omega,$$

где  $K_1$  — эмпирический коэффициент, который зависит от типа и размеров ячеек ситовой поверхности, физико-механических свойств сырья (вид, прочность, крупность и др.);  $K_1 = (1,3 \dots 1,7) \cdot 10^{-4}$  — для сит с размером отверстий до 3 мм;  $K_1 = (2,2 \dots 5,25) \cdot 10^{-4}$  — для чешуйчатых сит с размером отверстий от 3 до 10 мм;  $\rho_n$  — плотность измельчаемого продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $L$  — длина ротора дробилки, м;  $L = (0,32 \dots 0,64)D$ ;  $D$  — диаметр ротора дробилки, м.

Мощность электродвигателя молотковой дробилки

$$N = K_1 K_2 \rho_n D^2 L \omega,$$

где  $K_2 = (6,4 \dots 10,5)$  — эмпирический коэффициент, учитывающий степень измельчения продукта (меньшее значение  $K_2$  принимают при грубом измельчении, а большее — при тонком).

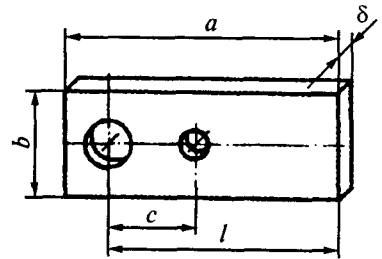


Рис. 9.16. Молоток прямоугольной формы с одним отверстием

## 9.5. МЕЛЬНИЦЫ

Молотковые мельницы служат для измельчения различных пищевых продуктов в порошок. Они являются универсальными машинами, пригодными для дробления самых различных продуктов.

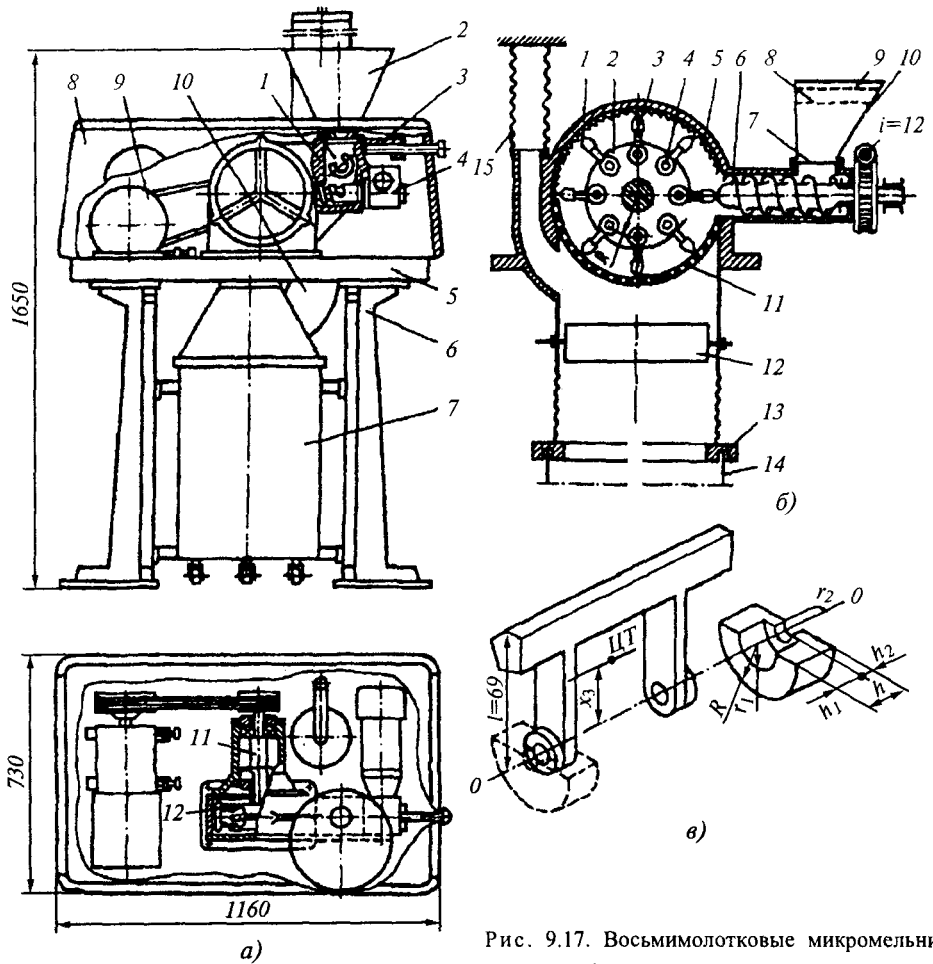


Рис. 9.17. Восьмимолотковые микромельницы:  
а — типа 13-310; б — типа А2-ШИМ; в — молотки

В настоящее время на пищевых предприятиях чаще всего встречаются молотковые мельницы с шарнирно закрепленными молотками, называемые обычно микромельницами.

**Микромельница 13-310** (рис. 9.17, а) состоит из корпуса 1, в котором вращается ротор с восемью молотками 12. Вал 11 ротора вращается от электродвигателя 9 через клиноременную передачу. Сахар-песок через воронку 2 подается к ротору шнеком, который приводится в движение самостоятельным электродвигателем и червячным редуктором 4. Металлические примеси улавливаются магнитной ловушкой 3. Мельница с электродвигателем смонтирована на раме 5 с двумя стойками 6. Мельница и привод закрыты звукоизоляционным съемным кожухом 8, сахарная пудра собирается в емкость 7. Она соединена с корпусом через фильтр 10. Мельница дает хороший фракционный состав пудры: доля частиц размером до 100 мкм составляет 80 %, размером от 100...200 мкм — 16 %, крупнее 200 и менее 300 мкм — 4 % от общего количества частиц.

Техническая характеристика микромельницы 13-310 приведена в табл. 9.2.

Таблица 9.2. Техническая характеристика молотковых мельниц

Показатель	А2-ШИМ	ММД-600	262-ДГ-8	ЕНД.9114	13-310
Производительность, кг/ч	320	600	700...900	1000	630...1500
Угловая скорость рабочего органа, рад/с	460	—	430	420	—
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	5	24	—	—
Габаритные размеры, мм:					
длина	1160	1350	1655	1600	1750
ширина	730	370	1855	700	840
высота	1650	1240	2175	1200	2212
Масса, кг	400	800	3400	650	1500

**Микромельница А2-ШИМ** (рис. 9.17, б) с одним рядом шарнирных Т-образных молотков и подачей сахара шнеком состоит из чугунного корпуса 1, внутри которого вращается ротор 2 с молотками 3, шарнирно закрепленными на осях 4. Корпус имеет отбойную плиту 5. Она крепится к корпусу болтами. В нижнюю часть корпуса вставлена сетка 11 с отверстиями 0,5 мм. Сахар-песок загружают в воронку 10. Воронка снабжена предохранительной решеткой 9 и сеткой 8 с размерами отверстий 3×3 мм. Они предотвращают попадание в машину крупных кусков сахара и инородных тел. Подачу сахара из воронки регулируют шибером 7.

Двухзаходный шнек 6 диаметром 50 мм равномерно подает сахар-песок из воронки в камеру измельчения молотковой микромельницы. Подача сахара осуществляется перпендикулярно оси ротора по средней линии машины.

В камере измельчения крупинки сахара встречаются с быстролетящим молотком, разбиваются на части, отбрасываются на отбойную плиту 5 и дробятся на ней. Отраженные от отбойной плиты частицы вновь разбиваются молотками. Подвергаясь многократным ударам, сахар превращается в пудру, которая вместе с воздушным потоком, создаваемым движущимися молотками, проходит через сетку 11. Молотки засасывают воздух через отверстие в воронке крышки и выбрасывают его через фланелевый рукав 15 в цех. Фильтр очищает воздух от сахарной пудры. Сахарная пудра вследствие уменьшения скорости воздуха оседает на дно емкости 14. Оседающая пудра движется по фланелевому рукаву с уплотнительным кольцом 13. Кольцо наложено на верхний край емкости 14.

При смене емкости прикрывают шибер 12, не останавливая мельницы. Молотковая мельница с несколькими рядами шарнирных молотков имеет большую камеру измельчения, три питающих шнека и два фланца с рукавами для отвода пудры. Шибером перекрывают один из рукавов.

Степень измельчения в рассматриваемых мельницах 150...400. Обычно отношение ротора к его диаметру равно от 0,32 до 0,64. Окружная скорость концов молотков — 80...84 м/с. Молотковые мельницы являются быстроходными машинами. Роторы мельниц вращаются с угловой скоростью 628 рад/с.

В настоящее время нет полной теории работы молотковых мельниц и не существует формул для определения необходимой окружной скорости молотков, степени измельчения и основных размеров рабочих органов, производительности, потребной мощности и т. д.

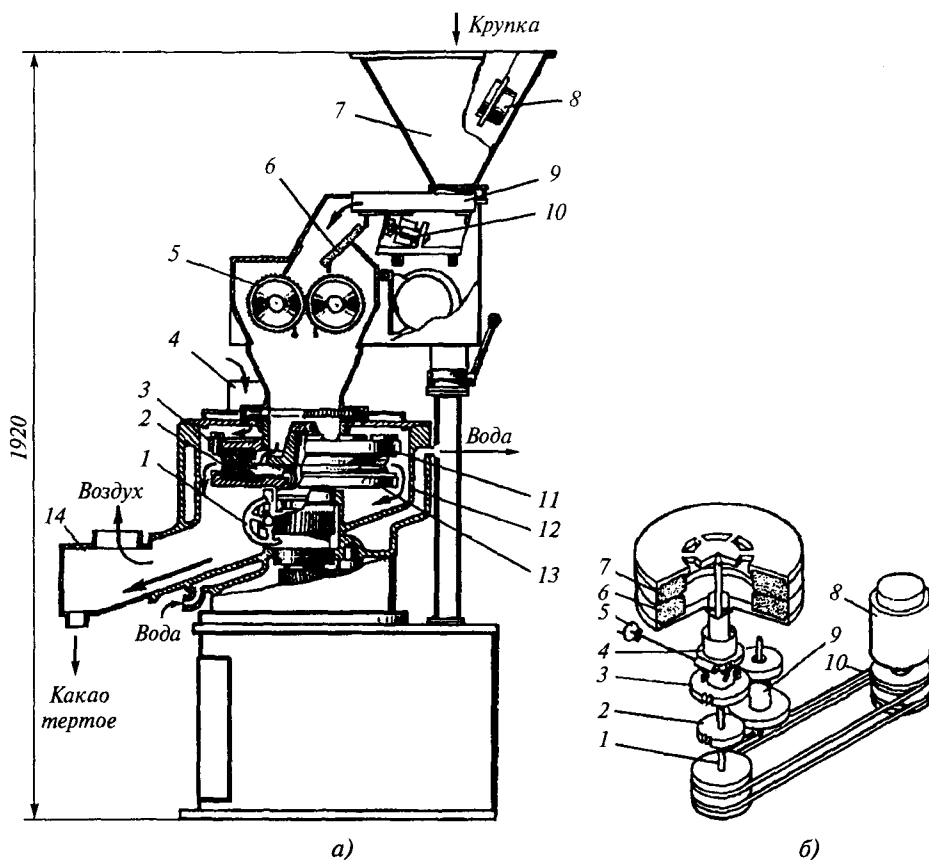


Рис. 9.18. Дисковая мельница типа 306:  
а — общий вид; б — структурная схема

Техническая характеристика молотковых мельниц приведена в табл. 9.2.

Дисковая мельница с горизонтальными дисками типа 306 фирмы «Хайден-нау» (Германия) (рис. 9.18, а) предназначена для измельчения какао-крупки в кондитерском производстве.

Какао-крупка поступает в бункер 7, снабженный измерителем 8 наличия крупки в бункере. При понижении уровня крупки измеритель отключает машину, предотвращая работу дисков без продукта. Из бункера крупка поступает на колеблющийся лоток 9 с электромагнитным вибратором 10. С лотка крупка ссыпается на плиту 6 с магнитами, где задерживаются металлические примеси. Затем крупка попадает на валки 5. Они измельчают крупную фракцию крупки и равномерно подают крупку через отверстие верхнего диска 11 в зону более тонкого измельчения.

Проходя через зазор и измельчаясь, крупка превращается в полужидкую массу. Масса равномерно выходит из зазоров сплошь по всей наружной кромке диска, так как центростремительное ускорение во много раз больше ускорения свободного падения.

Масса стекает со стенок охлаждаемого корпуса 12 и по каналу 14 выводится из машины. При этом какао тертое продувается воздухом, который поступает через патрубок 4. На верхнем диске 11 имеются приливы 3, играющие роль лопаток вентилятора. Воздух дополнительно охлаждает какао тертое и частично отгоняет легколетучие кислоты.



Верхний 11 и нижний 13 диски имеют корундовые кольца 2 с канавками для удаления какао тертого. Они работают в течение 800 ч. Их смена осуществляется за 30 мин. Зазор между дисками регулируется винтами и штурвалом 1. Кроме того, имеется автоматическое устройство, исключающее их работу без продукта. Размеры получаемых частиц зависят от влажности крупки. Так, при влажности 2,5 % доля частиц размером до 75 мкм составляет 90...94 %, а при влажности 1,5 % — 96...97 %.

На рис. 9.18, б приведена структурная схема мельницы. От электродвигателя 8 через ременную передачу 10 вращение передается вертикальному валу 1 с жестко закрепленным на нем верхним диском 7 и шестерней 2. Шестерня через зубчатый блок 9 вращает зубчатое колесо 3 с нижним диском 6. Штурвалом 5 можно при помощи червячной нарезки 4 перемещать нижний диск.

Техническая характеристика дисковых мельниц приведена в табл. 9.3.

Таблица 9.3. Техническая характеристика дисковых мельниц

Показатель	306	310/1
Производительность, кг/ч	600...1200	630...3000
Потребная мощность, кВт	55	39
Габаритные размеры, мм	1600×1050×1920	1825×925×1815
Масса машины, кг	1800	1600

**Штифтовые мельницы** имеют штифты, или била, расположенные на одном или двух вращающихся дисках. Дисковые штифтовые мельницы с одним вращающимся диском называются дисмембраторами. Они применяются в кондитерском производстве для измельчения крупки в какао тертое и какао-жмыха в какао-порошок. Вследствие особых свойств этих веществ штифтовые мельницы непременно работают совместно с охлаждающими устройствами. Штифтовые мельницы с двумя вращающимися дисками называются дезинтеграторами.

В дисмембраторе МАП-800 (рис. 9.19) измельчаемый продукт (крупка или предварительно измельченный жмых) через коническое отверстие 1 крышки 2 поступает вместе с воздухом в пространство между дисками 5 и 7. На дисках по концентрическим окружностям закреплены штифты 6, и штифты одного диска располагаются в кольцевом пространстве другого диска. Диск 5 прикреплен к крышке 2. Диск 7 привернут к планшайбе 8, которая сидит на шпонке на валу 14. Частота вращения вала  $6000 \text{ мин}^{-1}$  вследствие наличия одноступенчатого редуктора из зубчатых колес 13 и 15. Зубчатое колесо 15 сидит на приводном валу 16 и имеет частоту вращения  $3000 \text{ мин}^{-1}$ . В пространстве между неподвижным и подвижным дисками продукт благодаря многократным ударам о штифты измельчается, а затем горячим выводится из дробилки через отверстие 20. При измельчении выделяется большое количество теплоты, которое может ухудшить качество продукта и даже вызвать его возгорание. Поэтому крышка 2 и корпус 11 штифтовой мельницы имеют полости 3 и 10, в которые через отверстия 19 и 21 подается охлаждающая вода. Отводится вода через отверстия 4 и 9. Машинное масло для смазки мультипликатора и подшипников заливается через патрубок 12, а сливается через отверстие с пробкой 18. Над пробкой расположено смотровое окно 17.

Вследствие большого нагрева измельчаемого вещества такие мельницы имеют холодильники для измельченного продукта.

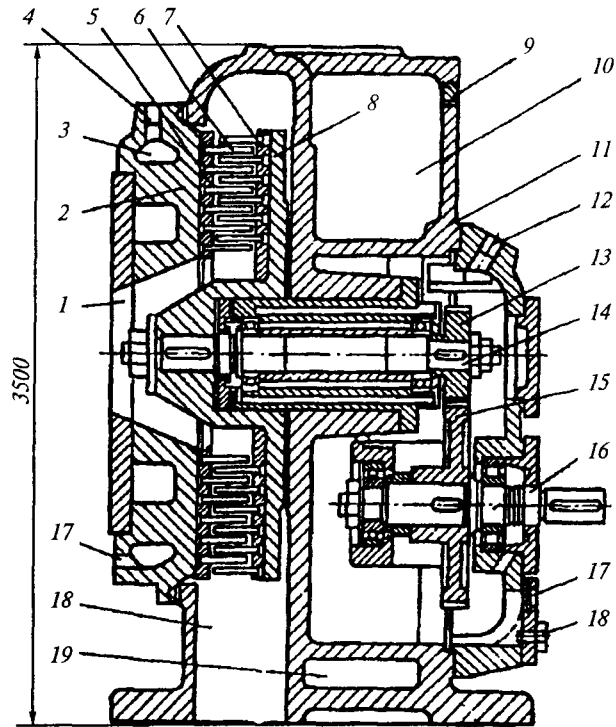


Рис. 9.19. Дисмембратор МАП-800

Техническая характеристика штифтовых мельниц приведена в табл. 9.4.

Таблица 9.4. Техническая характеристика штифтовых мельниц

Показатель	Тип установки			
	для какао тертого «Карле и Монтанари»		для какао-порошка	
	МАП-800	МАП-1000	ИПК 250/1001	«Хайденау» 641-А
Производительность, кг/ч	800	1000	1000	350...550
Температура продукта, выходящего из мельницы, °С	110	110	80	80
Температура охлаждающей жидкости, °С	10	10	3	14
Мощность электродвигателей, кВт	60	117	—	27,7
Габаритные размеры, мм:				
длина	2800	2490	12 250	3750
ширина	1750	1880	3 100	3490
высота	3500	3550	4 450	3400
Масса, кг	—	—	9 915	3500

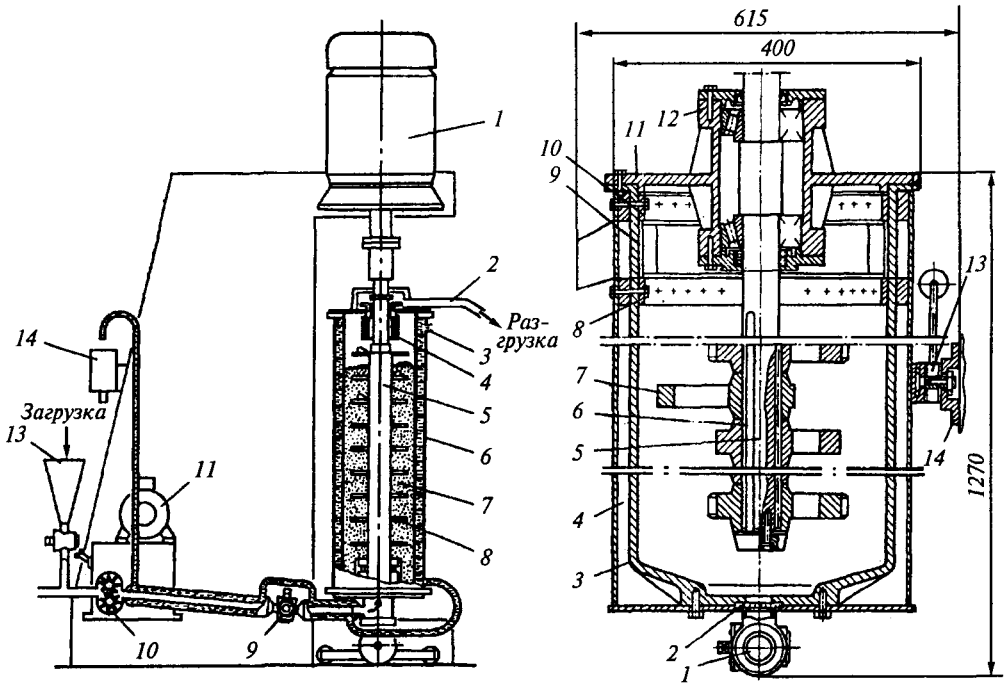


Рис. 9.20. Шариковая мельница фирмы «Хайденау»: а — общий вид; б — камера измельчения

**Шариковая мельница фирмы «Хайденау» типа 292-В** представляет собой вертикальный сосуд с двойными стенками 6 (рис. 9.20, а). Камера частично заполнена шарами 7. В камере вращается мешалка, которая состоит из вертикального вала 5 с дисками, кольцами, лопастями 8. В одних мельницах мешалка вращается очень быстро, в других — медленнее. Применяется также и бесступенчатое регулирование скорости.

Мешалка вращается непосредственно от электродвигателя 1. Предварительно измельченное какао тертое подается бесступенчато регулируемым насосом 10 через кран 9 снизу в камеру измельчения. Измельчаемое какао тертое поднимается вверх среди соударяемых шариков к сетке 4 или щели и по патрубку 2 поступает на дальнейшую переработку. Сетка отделяет какао тертое от шариков. Время пребывания какао тертого в камере измельчения обуславливает степень его размола. Вместимость камеры измельчения определяет производительность мельницы. Как правило, каждая фирма в обозначении типа мельницы указывает вместимость камеры измельчения. Камера измельчения снабжена рубашкой, в которую охлаждающая вода поступает через патрубок 3, а сливается в бачок 14.

Грубодисперсное какао тертое поступает к насосу 10 через патрубок 12. Для промывки мельницы какао-маслом служит воронка 13 с краном. Электродвигатель 11 через бесступенчатый вариатор скоростей вращает шестерни насоса 10. Перед началом работы в рубашку камеры измельчения подается теплая вода. По окончании работы массу из камеры измельчения сливают через трехходовой кран 9.

Конструкция камеры измельчения приведена на рис. 9.20, б. В корпусе 3 над пробковым краном 1 расположена металлическая сетка 2. Корпус имеет охлаждающую рубашку 4. Выходное отверстие корпуса имеет решетку 9, которая крепится к внутренней стенке корпуса 3 обечайками 8 и 10. В крышке 11 расположены конические подшипники 12. В них вращается вертикальный вал 5, фиксатором 13 камера крепится к станине мельницы 14. Лопастя 7 закреплены на валу 5 тремя шпонками 6. Лопастя и корпус изготовляют из легированной, а шарики из легированной и термически обработанной износостойчивой стали. В процессе эксплуатации происходит истирание шариков. Лопастя, выполненные в виде колец, уменьшают истирание корпуса.

Шариковая мельница может работать только на жидком веществе (суспензии), каким и является какао тертое, поэтому они, как правило, работают в составе агрегата из одной дисковой мельницы типа 306 и двух параллельно установленных шариковых мельниц типа 292-В.

### Техническая характеристика мельницы 292-В

Производительность, кг/ч . . . . .	200...800
Мощность электродвигателей, кВт . . . . .	23,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	700×800×1900
Масса, кг. . . . .	1350

### Инженерные расчеты. Производительность дисковой мельницы $\Pi$ (кг/ч)

$$\Pi = 1800\pi a k_1^2 k_2 \varphi \rho D^2 \delta \omega,$$

где  $a$  — количество параллельно работающих зазоров;  $k_1 = d_1/d_2$  ( $d_1$  — внутренний диаметр корундовой накладки,  $d_2$  — ее наружный диаметр);  $k_1 \approx 0,7$ ;  $k_2$  — опытный коэффициент, показывающий, какую часть составляет скорость движения продукта в радиальном направлении от окружной скорости на расстоянии  $0,5D$  от оси вращения; для дисковой мельницы  $k_2 = 0,01$ ;  $\varphi$  — коэффициент заполнения щели;  $\varphi = 0,7 \dots 0,8$ ;  $\rho$  — насыпная плотность какао-крупки, кг/м<sup>3</sup>;  $D$  — наружный диаметр диска, м;  $\delta$  — зазор между дисками, м;  $\omega$  — угловая скорость диска, рад/с.

В штифтовой мельнице полезная энергия измельчения превращается в теплоту. Измерив силу тока  $i$  и напряжение  $U$ , можно вычислить полезное количество энергии (Вт), превращаемое при измельчении в теплоту

$$Q = \sqrt{3} i U \cos \varphi \eta_0,$$

где  $\eta_0$  — общий коэффициент полезного действия электродвигателя и приводного устройства.

Мельница измельчает  $\Pi$  (кг/с) продукта, который поступает в нее с температурой  $t_1$ . Для перемещения измельченного продукта в мельницу подается воздух с температурой  $t_в$ . Расход воздуха (кг/с), подаваемого в мельницу, определяется по формуле

$$G_в = \Pi/\mu,$$

где  $\mu$  — среднее отношение масс продукта и воздуха.

Образующаяся при измельчении теплота нагревает продукт и воздух.

Уравнение теплового баланса (Вт) этой установки без учета потерь в окружающую среду имеет вид

$$Pct_1 + G_{\text{в}}c_{\text{в}}t_{\text{в}} + Q = Pct_2 + G_{\text{в}}c_{\text{в}}t_2,$$

где  $c$  и  $c_{\text{в}}$  — удельная теплоемкость продукта и воздуха, Дж/(кг·К);  $Q$  — теплота, образующаяся при измельчении, Вт.

Температура нагрева продукта

$$t_2 = (Q + Pct_1 + G_{\text{в}}c_{\text{в}}t_{\text{в}}) / (Pc + G_{\text{в}}c_{\text{в}}).$$

## 9.6. ПЛЮЩИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

**Плющильная установка А1-КПК** (рис. 9.21) предназначена для плющения круп и зернобобовых после их варки и подсушки.

Установка состоит из станины 8, двух плющильных валцов 11, подшипниковых узлов 3 плющильных валцов, привода валцов 2, межвалцовой передачи, устройства 5 подачи исходного продукта, устройства автоматического регулирования подачи исходного продукта, устройства 6 прижима и разведения валцов, механизма настройки валцов на параллельность, очистителей валцов 10, устройства охлаждения валцов, виброопор 4, ограждения привода 1, питающей трубы 9, сигнализатора уровня исходного продукта, системы управления прижимом и разведением валцов, бункера 7 для сбора плющеного продукта.

Станина выполнена из двух продольных штамповочно-сварных балок, соединенных поперечными опорами, на которые монтируются корпуса подшипников плющильных валцов.

Рабочими органами установки являются плющильные валцы. Каждый плющильный валец выполнен в виде полой бочки с прикрепленными к ней с обоих торцов цапфами. На каждом торце бочки предусмотрены отверстия для балансировки с заглушками. Подшипниковые опоры плющильных валцов выполнены с разъемными корпусами, при этом один валец имеет неподвижную ось вращения, а другой — подвижную. Корпуса вальца с подвижной осью вращения соединены с поперечными балками одной шарнирной опорой, при этом одна шарнирная опора выполнена эксцентриковой для регулирования бокового зазора между зубьями шестерен межвалцовой передачи. Привод валцов выполнен двухступенчатым. Вариатор сделан с (ведущим) регулируемым шкивом. Регулирование осуществляется перемещением двигателя по направляющим посредством ходового винта. Вариатор вместе с двигателем смонтирован на поворотной плите, чем обеспечивается натяжение клиновых ремней второй ступени. На противоположных от привода концах плющильных валцов закреплены шестерни межвалцовой передачи, которые закрываются кожухом.

Устройство подачи исходного продукта выполнено в виде двух валиков, один из которых — с подвижной осью вращения, другой — с неподвижной. Привод устройства подачи исходного продукта осуществлен в виде плоскоременной передачи, ведущим звеном которой является ведомый шкив клиноременной передачи привода валцов, и редуктора. Последний через упругую муфту кинематически связан с валиком, имеющим неподвижную ось вращения. Периферийная поверхность валиков выполнена с винтовыми продольными канавками. Редуктор имеет кулачковую муфту, сцепление (и расцепление) кулачков в которой заблокировано с перемещением опор вальца с подвижной осью вращения.

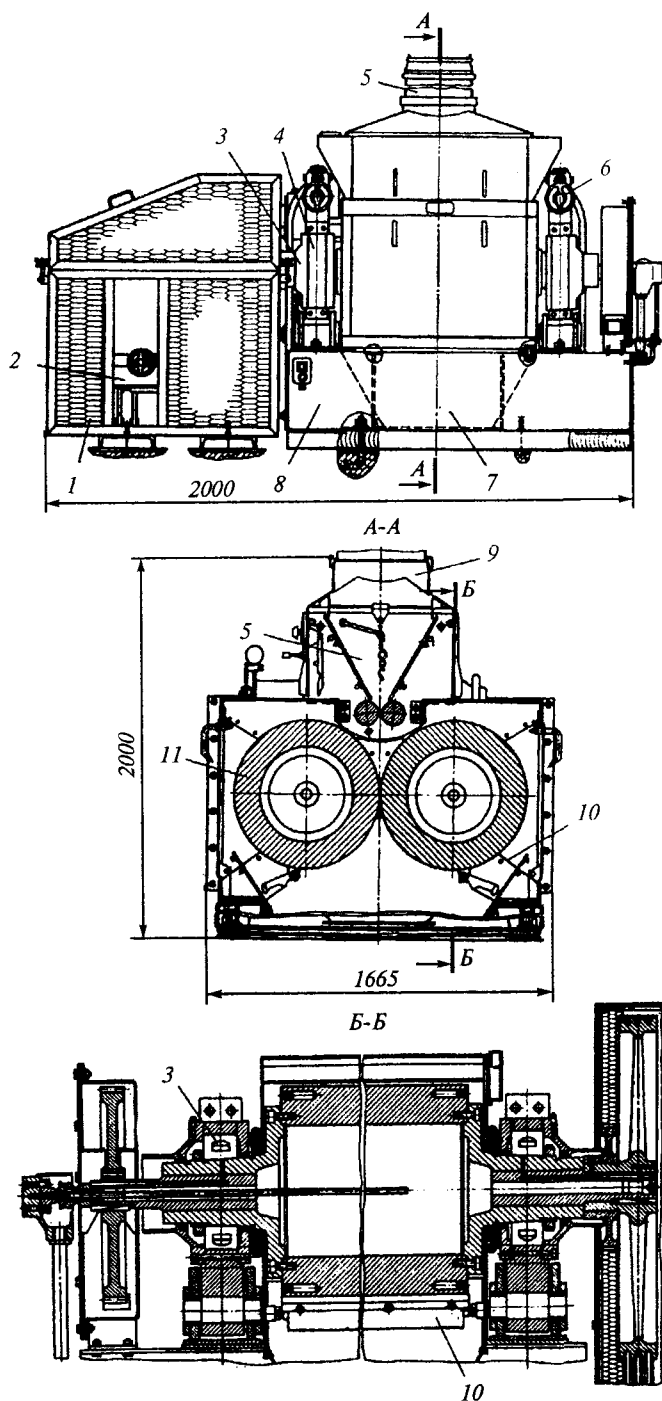


Рис. 9.21. Плющильная установка А1-КПК

Автоматическое регулирование подачи исходного продукта обеспечивается автоматическим изменением зазора между питающими валами. В этих целях валик с подвижной осью вращения заключен в подвижные подшипниковые опоры, движение которым сообщается посредством системы рычагов от сигнализатора уровня исходного продукта. Синхронность перемещения подвижных подшипниковых опор обеспечивается выполнением их шарнира в виде валика. В начальном положении (при отсутствии продукта) валики поджимаются пружиной, находящейся в системе рычагов. Диапазон автоматического изменения зазора между валиками регулируется ограничительным винтом.

Устройство прижима и разведения вальцов выполнено в виде гидроцилиндра двойного действия, шток и крышка которого откидными болтами соединены с корпусами подшипников плющильных вальцов.

Между подвижными корпусами вальцов и резьбовыми концами стяжного стержня размещены пружинные амортизаторы, обеспечивающие безопасный проход между вальцами инородных тел размером до 5 мм.

Для очистки вальцов от налипшего продукта применяются ножи из углеродистой инструментальной стали, укрепленные на чугунном каркасе. Каркас ножей шарнирно подвешен к цилиндрическим поверхностям специальных витков, ввернутых в резьбовые отверстия камеры, и включает грузовую часть, обеспечивающую контакт ножей с поверхностями вальцов.

Устройство охлаждения каждого из вальцов состоит из корпуса, прикрепленного к картеру кожуха межвальцовой передачи, и трубки, жестко прикрепленной к корпусу посредством переходника. К корпусу с помощью переходного штуцера и накидной гайки прикреплен запорный кран, открывающий и закрывающий подачу воды во внутреннюю полость вальца. Отвод воды из вальца в корпус обеспечивается насадкой, ввернутой в резьбовое отверстие цапфы.

Для снижения вибрации, создаваемой работой установки, продольные балки монтируются на деревянную раму с резиновыми прокладками.

Питающая труба выполняется прозрачной для удобства контроля за подачей исходного продукта. Соединение питающей трубы с горловиной и подводющим самотеком уплотняется резиновыми кольцами.

Бункер для сбора плющеного продукта прикреплен винтами к продольным балкам станины и боковым стенкам камеры.

Аспирация машины обеспечивается выполнением в боковых стенках камеры двух прямоугольных отверстий, соединяемых трубопроводами с расположенным на верхней панели питателя отверстием, предназначенным для подсоединения к трубопроводу системы аспирации цеха.

Работа установки начинается с пуска двигателя насоса, который подает масло из бака в золотник. Последний в обесточенном состоянии под действием пружины соединит нагнетательную магистраль с бесштоковой полостью гидроцилиндров. Вытесненные из гидроцилиндров штоки разведут корпуса подшипников вальцов, увеличив тем самым зазор между ними до 6 мм и устранив сопротивление скопившихся между вальцами пыли и продукта. В результате обеспечивается нормальный запуск двигателя привода вальцов. По заполнении системы масло начнет перепускаться предохранительным клапаном на слив в бак.

После запуска двигателя привода вальцов вращение будет передаваться шкивам, шестерням, вальцам и входному валу редуктора питателя.

При поступлении в приемный бункер исходного продукта сигнализатор его уровня передает воздействие продукта на микровыключатель, который замкнет цепь электромагнита золотника. Последний сообщит нагнетательную полость насоса со штоковыми полостями гидроцилиндров. При этом поршни втянут штоки внутрь гидроцилиндров, вследствие чего сблизятся корпуса подшипников вальцов и уменьшится зазор между ними.

На части хода корпусов подшипников вальцов блокировка освободит в редукторе пружину сжатия и под ее действием замкнутся кулачки муфты, обеспечивая передачу вращения валику питателя. Последний своими рифлями станет подавать продукт на плющение между вальцами. Плющенный продукт будет отводиться через воронку на дальнейшую обработку. Примерно через 30 мин после начала работы установки включается подача воды на охлаждение вальцов.

## Техническая характеристика плющильной установки А1-КПК

Производительность, кг/ч . . . . .	1500
Толщина хлопьев, мм . . . . .	0,3...1,5
Размеры валков, мм:	
диаметр . . . . .	490
длина . . . . .	800
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> :	
валков . . . . .	161...232
питательного валика . . . . .	25
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	18,5
Расход воды на охлаждение, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	0,6
Давление масла в гидроприводе вальца, МПа. . . . .	10
Габаритные размеры, мм . . . . .	2000×1665×2000
Масса, кг. . . . .	4500

**Инженерные расчеты.** На рис. 9.22 приведена расчетная схема для определения минимально допустимого диаметра вальцов, необходимого для захвата измельчаемой частицы при горизонтальном расположении, одинаковой скорости вальцов.

Частица диаметром  $d$  до начала ее деформирования касается поверхности вальцов в точках  $A$  и  $A_1$  и действует на вальцы по нормальям к касательным в этих точках с некоторой силой  $P$ . В свою очередь, частица испытывает со стороны вальцов такую же силу  $P$ . Вертикальные составляющие этих сил  $2P\sin\alpha$  стремятся вытолкнуть частицу из сферического клина, образуемого цилиндрическими поверхностями вальцов, а ее вертикальные составляющие сил трения  $2fP\cos\alpha$  затягивают частицу в зазор между вальцами. Отсюда очевидно, чтобы частица была затянута вальцами, необходимо выполнение следующего неравенства:

$$2P\sin\alpha < 2fP\cos\alpha,$$

откуда

$$\sin\alpha/\cos\alpha < f \text{ или } \operatorname{tg}\alpha < \operatorname{tg}\varphi.$$

Следовательно, угол  $\alpha$ , называемый углом захвата, должен быть меньше угла трения  $\varphi$  частицы о поверхность вальца.

Так как

$$D + d = D\cos\alpha + d\sin\alpha,$$

то минимально допустимый диаметр вальцов по условию захвата частицы вальцами, т.е. с учетом того, что предельное значение угла захвата должно быть равно углу трения  $\varphi$ , будем определять  $D$  по формуле

$$D = (d\cos\varphi - b)/(1 - \cos\varphi).$$

Под производительностью плющильной установки понимают его фактическую пропускную способность  $\Pi$  (кг/с)



$$\Pi = \rho L v_3 b k,$$

где  $\rho$  — плотность измельчаемого продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $L$  — длина вальца, м;  $b$  — межвальцовый зазор, м;  $v_3$  — скорость прохождения обрабатываемого продукта между вальцами, м/с;  $k$  — коэффициент использования зоны измельчения ( $k < 1$ ).

### 9.7. РЕЗАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

**Машина А9-КРВ «Ритм»** (рис. 9.23) предназначена для измельчения различных видов корнеплодов на кубики, столбики и кружки.

Машина имеет сварную станину 1, на которой смонтированы фланцевый электродвигатель 9 с редуктором 12, питатель 4, угловая приставка 7. Внутри питателя 4 вращается барабан 5, состоящий из двух дисков с тремя лопастями 6 между ними. Барабан 5 соединен с тихоходным валом редуктора 12. С торца к питателю крепится загрузочный бункер 10, а в его нижней части установлены неподвижный плоский нож 3, сменная гребенка 2 ножей продольного среза и разгрузочный лоток 11.

На выходной части первой ступени редуктора 12 находится угловая приставка 7, на вертикальный вал 1 которой насажен горизонтальный диск 8 с закрепленными на нем ножами поперечного среза. Приставка 7 устанавливается только при резке сырья на кубики.

Сырье из загрузочного бункера 10 попадает во вращающийся барабан 5, центробежной силой отбрасывается к стенке питателя 4 и лопастями 6 смещается вниз, к гребенчатым ножам 2. Гребенчатые ножи надрезают продукт в продольном направ-

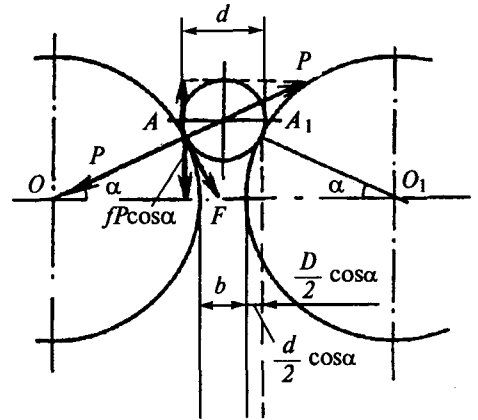


Рис. 9.22. Расчетная схема для определения минимально допустимого диаметра вальцов

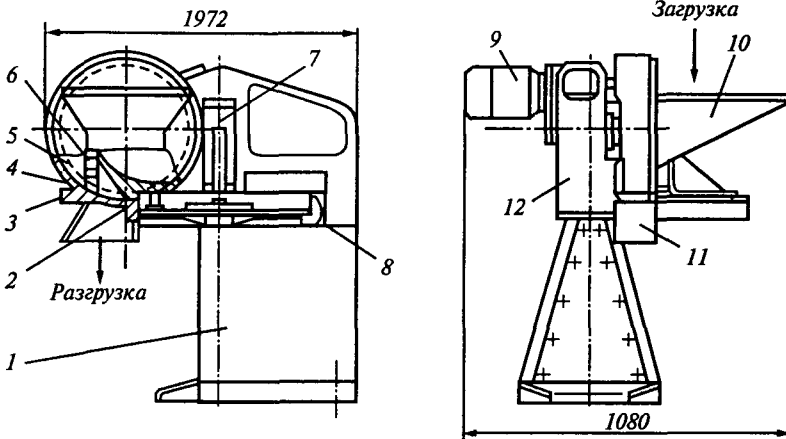


Рис. 9.23. Машина А9-КРВ «Ритм»

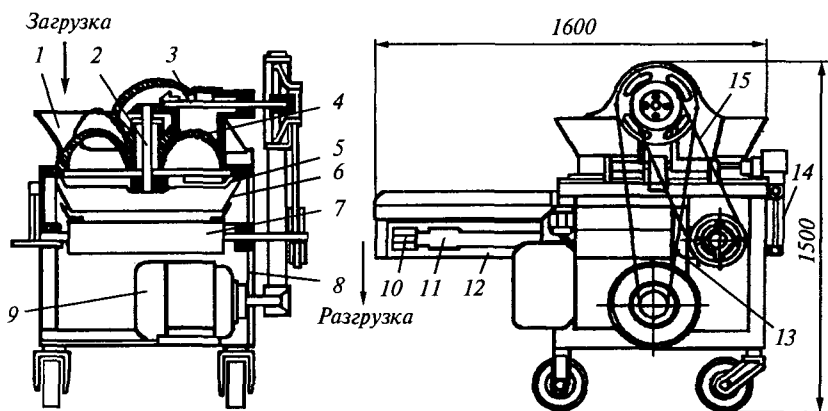


Рис. 9.24. Шинковальная машина МШ-10000

лении на глубину, равную высоте ножа. На ту же глубину, но в поперечном направлении продукт надрезается ножами, находящимися на вращающемся диске 8. Затем надрезанный слой продукта срезается неподвижным плоским ножом 3, и срезанные кубики падают в разгрузочный лоток 11.

При резке продукта на столбики необходимо снять угловую приставку 7, а при резке продукта на кружки снимают еще и сменную гребенку 2 с ножами продольного среза. Для изменения размеров измельчаемого сырья в машине предусмотрены сменные рабочие органы.

**Шинковальная машина МШ-10000** (рис. 9.24) предназначена в основном для шинкования капусты, но может использоваться и для резки корнеплодов.

Машина МШ-10000 состоит из смонтированной на колесах сварной рамы 8, в верхней части которой установлен корпус шинковки 4 с двумя улиткообразными, открытыми снизу раструбами и с насаженным на вертикальный вал горизонтальным ножевым диском 5. В нижней части рамы 8 находится площадка, на которой закреплен электродвигатель 9, приводящий через ременные передачи 13 и 15 в движение ножевой диск 5 и ленточный транспортер 7. Натяжной барабан 10 транспортера 7 и натяжное устройство 11 размещены на двух направляющих кронштейнах 12. Ножевой диск 5, насаженный на вертикальный вал 2, связан конической зубчатой передачей с горизонтальным валом 3. Снизу под шинковкой укреплен приемный бункер 6 с лотком, предназначенный для подачи нарезанного сырья на ленточный транспортер 7. Для ручного пуска машины служит червячная передача, смонтированная в коробке, укрепленной на раме. Она имеет рычаг 14 с рукояткой.

Сырье подается в машину через съемный загрузочный бункер 1 в приемные раструбы корпуса шинковки, с помощью вращающегося ножевого диска 5 затягивается внутрь раструбов и заклинивается между диском и внутренней стенкой раструба. При дальнейшем вращении диска 5 ножи последовательно срезают слой продукта, который проходит под диск через прорези, сделанные перед каждым из одиннадцати ножей, и попадают на ленту транспортера.

Техническая характеристика резательной машины представлена в табл. 9.5.

Таблица 9.5. Техническая характеристика резательных машин

Показатель	А9-КРВ «Ритм»	МШ-10000
Производительность в зависимости от вида сырья и размеров нарезаемого продукта, кг/ч	До 2000	До 10000
Размеры нарезаемых кубиков, мм	10×10×10; 7×7×7	Стружка длиной не менее 5 мм
Частота вращения ножевого диска, мин <sup>-1</sup> , при резке на кубики размером, мм:		
10×10×10	455	210
7×7×7	655	210
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	4,0
Скорость движения ленты транспортера, м/с	—	2,08
Габаритные размеры, мм	1080×1972×1505	1600×1020×1500
Масса, кг	380	500

**Инженерные расчеты.** Производительность резательных машин при принудительной подаче продукта  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = Fv\varphi\rho,$$

где  $F$  — площадь сечения потока продукта, м<sup>2</sup>;  $v$  — скорость потока, м/с;  $\varphi$  — коэффициент, учитывающий отклонение фактической производительности от расчетной;  $\rho$  — плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность электродвигателя резательных машин  $N$  (кВт)

$$N = WPk\eta/\eta_m\eta_1,$$

где  $W$  — удельная работа резания, кДж/м<sup>2</sup>;  $k$  — коэффициент использования режущей способности машины;  $P$  — режущая способность машины, м<sup>2</sup>/с;  $\eta$  — коэффициент запаса мощности электродвигателя на случай пуска машины под нагрузкой ( $\eta = 1,25 \dots 1,35$ );  $\eta_m$  — механический КПД ( $\eta_m = 0,75 \dots 0,80$ );  $\eta_1$  — коэффициент, учитывающий расход энергии на подачу и отвод продукта ( $\eta_1 = 0,90 \dots 0,95$ ).

Площадь  $F$  (м<sup>2</sup>), приходящуюся на разрезание 1 кг продукта, определяется по формуле

$$F = (zf - z_0f_0)/2,$$

где  $z, z_0$  — соответственно количество кусочков до и после измельчения, шт.;  $f, f_0$  — площадь боковой поверхности кусочков до и после измельчения, м<sup>2</sup>.

При проектировании машин размеры и количество ножей, их скорость определяют по режущей способности ножей, которая находится из формулы:

для многодисковых или многоленточных машин

$$P = 60 \sum_{i=1}^n h_i v_i x_i,$$

где  $h_i$  — толщина разрезаемого продукта, м;  $v_i$  — скорость подачи продуктов, м/с;  $x_i$  — количество ножей в одной группе, шт.;

для машин с серповидными ножами

$$P = 1800Sz_0\omega/\pi,$$

где  $S$  — площадь среза слоя продукта, находящегося в чаше или желобе машины,  $m^2$ ;  
 $\omega$  — частота вращения ножей,  $c^{-1}$ ;  $z_0$  — количество ножей, шт.;

для машин с плоскими ножами, совершающими поперечные разрезы продукта, движущегося со скоростью  $v_n$

$$P = abv_n/c,$$

где  $a$ ,  $b$  — поперечные размеры сечения продукта, подаваемого на резание, м;  $c$  — расстояние между ножами по длине продукции, м.

## 9.8. СВЕКЛОРЕЗКИ

К свеклорезкам предъявляются следующие требования: высокая производительность, высокое качество свекловичной стружки, простота и удобство обслуживания и ремонта, надежная и экономичная работа.

**Центробежная свеклорезка СЦБ-16М** (рис. 9.25) состоит из цилиндрического корпуса 2, трехлопастной улитки 3, конического редуктора, привода 8, верхнего 5 и нижнего 4 кожухов, загрузочного бункера 1, ножевых рам 6, лебедки 7 и пальчатого гидравлического шибера. Принцип действия свеклорезки заключается в следующем. Загрузка свеклы в свеклорезку производится через загрузочный бункер.

В корпусе свеклорезки свекла увлекается вращающейся улиткой и под действием центробежной силы прижимается к режущей кромке ножей, скользя по которым постепенно превращается в стружку.

Свекловичная стружка через проемы ножевых рам выпадает в пространство между корпусом свеклорезки и кожухом и затем через отверстие нижнего корпуса поступает на дальнейшую переработку.

Ножевые рамы с набором ножей устанавливают в гнезда корпуса свеклорезки плотно, без шатания. Для того чтобы рамы составляли с корпусом свеклорезки внутреннюю поверхность одного радиуса, после установки их протачивают вместе с корпусом. Корпус свеклорезки имеет ремонтные накладки, которые позволяют неоднократно протачивать его. Обычно запасные и рабочие рамы вместе с корпусом свеклорезки протачиваются один раз в сезон сахароварения.

Для замены ножей в рабочем состоянии свеклорезка снабжена реечным механизмом, поднимающим ножевую раму из своего гнезда, а на ее место вставляют глухую раму, которая отличается от рабочей отсутствием отверстий для установки ножей.

Диффузионные ножи при переработке волокнистой свеклы часто забиваются волокнами, поэтому для получения стружки хорошего качества их очищают продувкой паром или сжатым воздухом с избыточным давлением 0,7 МПа. Пар и воздух к ножам необходимо подводить так, чтобы они сдували волокна с ножей, а не прижимали их к режущей кромке.

Для резания свеклы в сахарной промышленности применяют свеклорезательные ножи, фрезерованные из углеродистой и инструментальных сталей (ножи Чижека и кенигсфельдские), и ножи Голлера, штампованные из листовой высокоуглеродистой стали.

Стандарт предусматривает изготовление ножей двух типов: безреберные (тип 1) и ребристые (тип 2) в трех исполнениях: А — левый; В — правый; О — обезличенный. Ножи типа 1 имеют шаг 6, 7, 8, 9, 10, 12 мм, а типа 2 — шаг 5 и 6 мм.

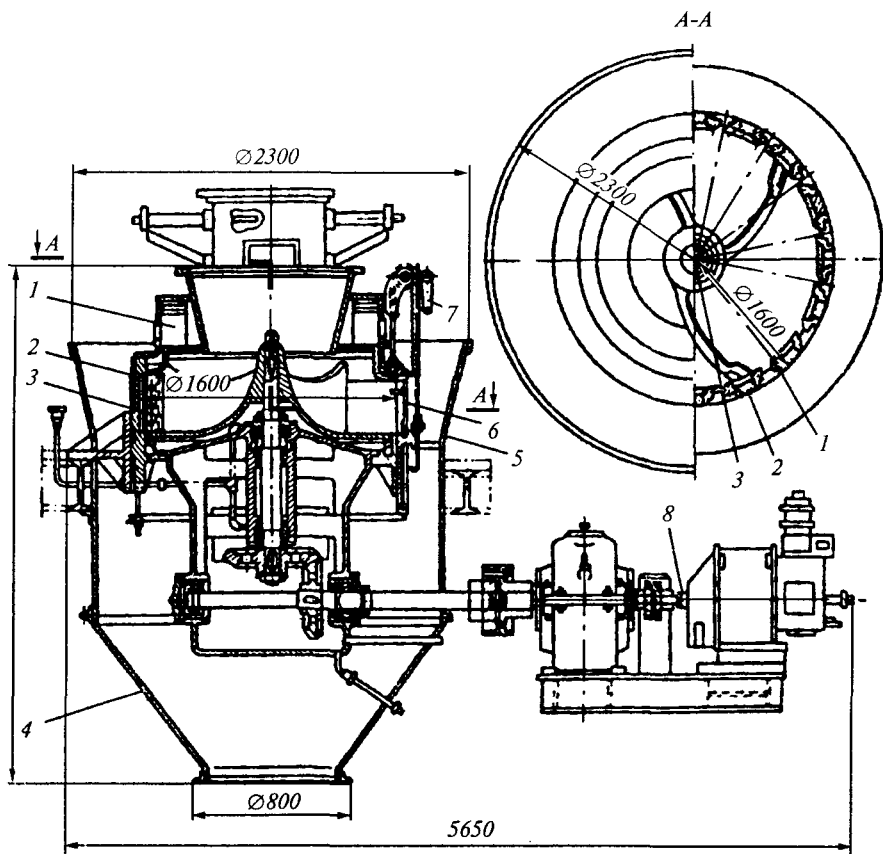


Рис. 9.25. Центробежная свеклорезка СЦБ-16М

На отечественных сахарных заводах наибольшее распространение получили диффузионные ножи Чижека, которые изготовляют для центробежных и дисковых свеклорезок.

Ножи закрепляются в рамах, конструкции которых зависят от типа свеклорезки и конструкции ножей: существуют ножевые рамы для центробежных свеклорезок и рамы для дисковых свеклорезок.

### Техническая характеристика центробежной свеклорезки СЦБ-16М

Производительность, т/сут:	
при желобчатой стружке . . . . .	2100
при пластинчатой стружке . . . . .	1500
Количество ножевых рам . . . . .	16
Скорость резания, м/с . . . . .	6,0...9,5
Частота вращения улитки, с <sup>-1</sup> . . . . .	7,1...11,4
Диаметр корпуса, мм . . . . .	1600

Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	100
Габаритные размеры, мм . . . . .	5650×2440×3000
Масса, кг . . . . .	11 400

**Инженерные расчеты.** Производительность свеклорезки  $\Pi$  (т/сут)

$$\Pi = 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot L a v \rho K_k K_s / 1000,$$

где  $L$  — общая длина режущей кромки ножей, м;  $a$  — высота подъема ножей в свеклорезке, м;  $v$  — скорость резания, м/с;  $\rho$  — насыпная плотность свеклы в корпусе свеклорезки, кг/м<sup>3</sup>;  $K_k$  — конструктивный коэффициент, учитывающий степень использования ножей в свеклорезке;  $K_s$  — эксплуатационный коэффициент, равный отношению продолжительности работы свеклорезки без остановок за сутки в часах к общему времени в сутках:

$$L = l_1 m n,$$

где  $l_1$  — длина режущей кромки одного ножа, м;  $m$  — количество ножевых рам в свеклорезке;  $n$  — количество ножей в одной ножевой раме.

$$v = \pi D_b n_c / 60,$$

где  $D_b$  — внутренний диаметр корпуса свеклорезки, м;  $n_c$  — частота вращения улитки свеклорезки, мин<sup>-1</sup>.

Мощность  $N$ , потребная на привод свеклорезки, затрачивается на резание свеклы  $N_1$ , на преодоление сил трения свеклы о ножи и ножевые рамы  $N_2$ , на разгон свеклы до скорости резания  $N_3$  и на преодоление сил трения между корнеплодами подвижного и неподвижного слоев при поступлении в центробежную свеклорезку  $N_4$  (кВт)

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4.$$

Мощность, потребная на резание свеклы,  $N_1$  (кВт)

$$N_1 = M_1 \omega / 1000,$$

где  $M_1$  — момент при резании свеклы относительно оси вращения, Н·м;  $\omega$  — угловая скорость вращения улитки, рад/с;

$$\omega = \pi n_c / 30,$$

где  $n_c$  — частота вращения улитки, мин<sup>-1</sup>;

$$M_1 = FR,$$

где  $F$  — общее усилие резания, Н;  $R$  — радиус резания, м,

$$F = 100 f 2 l_1 m \eta_{отн} K_k,$$

здесь  $f$  — удельное усилие резания, Н/м;  $\eta_{отн}$  — безразмерная величина, учитывающая воздушные промежутки между корнеплодами ( $\eta_{отн} = 0,55 \dots 0,60$ ),

$$\eta_{отн} = \rho / \rho_m,$$

здесь  $\rho$  — насыпная плотность свеклы, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_m$  — плотность свекловичной мякоти.

Мощность, потребная на преодоление сил трения свеклы о ножи и ножевые рамы,  $N_2$  (кВт)

$$N_2 = M_2\omega/1000,$$

где  $M_2$  — крутящий момент, необходимый для преодоления сил трения свеклы о ножи и ножевые рамы, Н·м:

$$M_2 = F_n\mu R,$$

здесь  $\mu$  — коэффициент трения скольжения свеклы о сталь;  $F_n$  — полное усилие прижатия свеклы к ножам и рамам, Н:

$$F_n = f_y 2\pi R 2l_1 K_k = 4,18\rho\omega^2 R^3 l_1 K_k,$$

где  $f_y$  — удельное давление на внутреннюю стенку корпуса центробежной свеклорезки, Н/м<sup>2</sup>:

$$F_y = \rho\omega^2 R^2/3.$$

Момент для преодоления сил трения свеклы о диск  $M'_2$  (Н·м)

$$M'_2 = 2\pi R_n 2l_1 H \rho g \mu R K_k,$$

где  $R_n$  — средний радиус режущей кромки ножей, м;  $H$  — высота слоя свеклы в бункере, м;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Мощность, необходимая для разгона свеклы до скорости резания,  $N_3$  (кВт)

$$N_3 = P\omega^2 R^2/2000,$$

где  $P$  — производительность свеклорезки, кг/с.

Мощность  $N_4$ , потребная для преодоления сил трения между корнеплодами подвижного и неподвижного слоев при поступлении свеклы в центробежную свеклорезку, определяется в зависимости от производительности свеклорезки:

Производительность, тыс. т/сут . . . . .	1,0	1,1...2,0	2,1...3,0	3,1...4,0
Мощность $N$ , кВт . . . . .	8,0	7,0	6,0	5,0

Для дисковой свеклорезки общая суммарная мощность на привод свеклорезки  $N$  (кВт)

$$N = N_1 + N_2,$$

где  $N_1$  — мощность, потребная на резание свеклы, кВт;  $N_2$  — мощность, потребная на преодоление сил трения свеклы о ножи и ножевые рамы, кВт. Приращение мощности на преодоление сил от механических трений составляет примерно 3 % от суммарной мощности  $N$ .

### 9.9. МЯСОРУБКИ, ВОЛЧКИ И КУТТЕРЫ

**Машина Г6-ФРА для разрубки голов** (рис. 9.26, а) предназначена для разрубки голов, обрубки рогов и т.п.

В корпусе 7 машины установлены гидроцилиндр 10, стол 8, нож 13 и электрооборудование 3, на гидробаке — привод гидростанции 2 и гидрораспределительный блок 1. Устройство для перемещения фиксаторов 9 состоит из гидроцилиндра 10, специальных кулачков с тягами и планками. Гидрораспределительный блок 1 включает металлическую плиту, гидрораспределители и предохранительный клапан. Привод гидростанции состоит из электродвигателя и насоса, соединенных между собой муфтой. Осветитель 4 и светоприемник фотоэлектронного реле 6

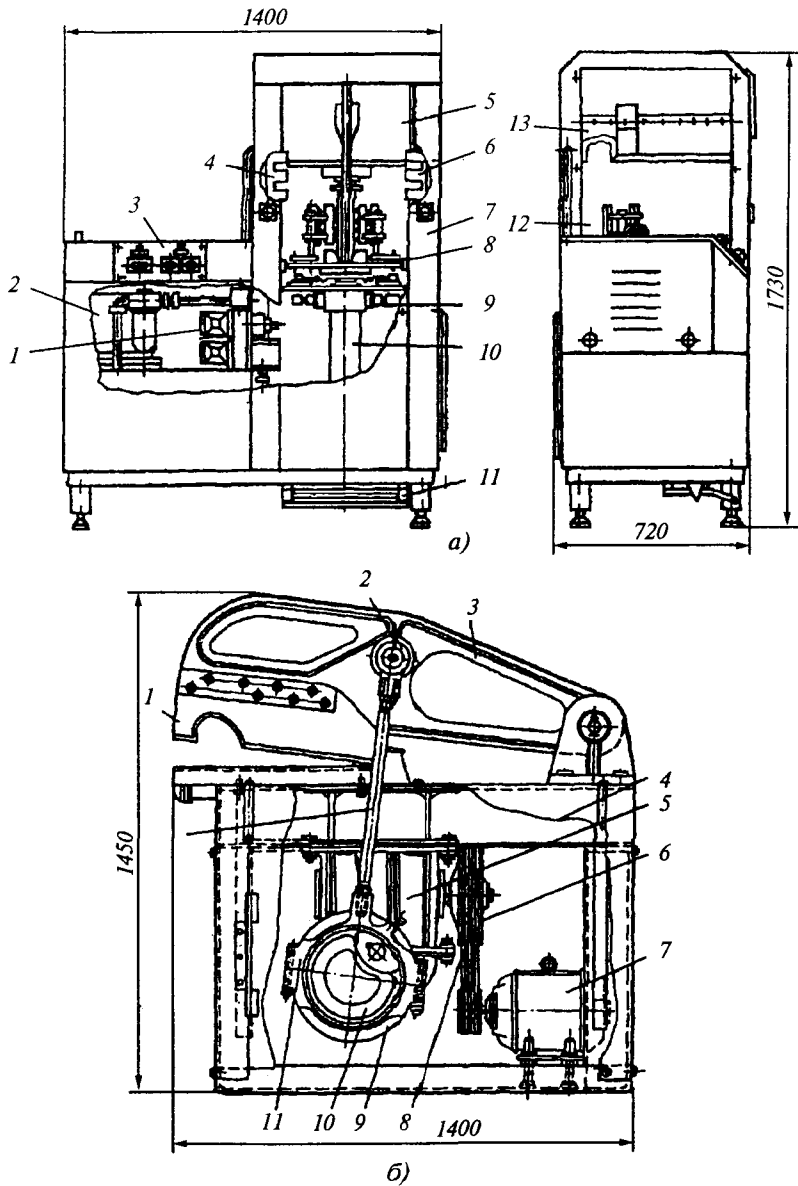


Рис. 9.26. Машины для разрубки голов:  
а — типа Г6-ФРА; б — типа А-48-10М

служат для ограждения рабочей зоны. Ограждение 12 и щиток 5 из органического стекла предохраняют рабочего от разбрызгиваемой крови и раздробленных частей. Педаль 11 изготовлена из трубы и служит для включения гидрораспределителя с целью перемещения фиксаторов.

После пуска машины берут голову животного за челюсть, нажимают ногой на педаль (при этом должны разойтись прижимы) и укладывают ее на стол до упора в стенку. Мозговая полость должна находиться под вырезом ножа. При отпускании пе-



дали прижимы сходятся, голова захватами фиксируется на столе. Двумя руками одновременно нажимают кнопки на корпусе машины, стол с головой движется вверх под нож, голова разрубается, стол автоматически опускается в нижнее положение. Нажимают на педаль, разрубленная голова освобождается, ее снимают со стола и укладывают на стол следующую голову.

Техническая характеристика машины Г6-ФРА для разрубки голов приведена в табл. 9.6.

**Машина А-48-10М для разрубки голов** (рис. 9.26, б) состоит из станины 4 со столом, режущего механизма с ножевой траверсой 3, шатуна 12 с головками 2, 9, 11, привода, состоящего из электродвигателя 7, редуктора 5, шкива 6 с клиновыми ремнями 8 и эксцентрика 10.

Для разрубки голову укладывают на стол и ножом 1 продольно разрезают. Нож 1 машины совершает до 20 кол/мин и имеет высоту подъема 420 мм. При разрубке крупных голов нож иногда не прорубает их и останавливается. Это происходит в результате несогласованности работы ножа и шатуна.

Техническая характеристика машин А-48-10М для разрубки голов приведена в табл. 9.6.

Таблица 9.6. Техническая характеристика машин для разрубки голов

Показатель	Г6-ФРА	А-48-10М
Производительность, голов/ч	160	120
Установленная мощность, кВт	4,0	4,5
Габаритные размеры, мм	1400×720×1730	1400×700×1450
Масса, кг	640	780

**Машина В2-ФРМ** (рис. 9.27) предназначена для обрубки рогов. Она состоит из рамы 1, на нижней платформе которой установлены электродвигатель 6, маховик 4, редуктор 2, педаль 9, а на верхней платформе — неподвижный 8 и подвижной 7 ножи.

Режущий механизм машины закрыт ограждением 5. Подвижной нож 7 получает движение от привода через кривошипно-шатунный механизм 3 и совершает 19 рабочих ходов за 1 мин. Длина хода ножа 160 мм. При левом крайнем положении ножа между кромками образуется отверстие, в которое вставляется рог. Он обрубается при рабочем ходе ножа. При отсутствии рога в отверстии рабочая зона машины перекрывается предохранителем.

#### Техническая характеристика машины В2-ФРМ

Производительность, рогов/ч . . . . .	650
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	3
Габаритные размеры, мм . . . . .	1400×780×1100
Масса, кг . . . . .	710

**Силовой измельчитель К7-ФИ2-С** (рис. 9.28) предназначен для среднего измельчения кости и смеси, состоящей из 30 % мягких и 70 % твердых конфискатов при производстве сухих животных кормов.

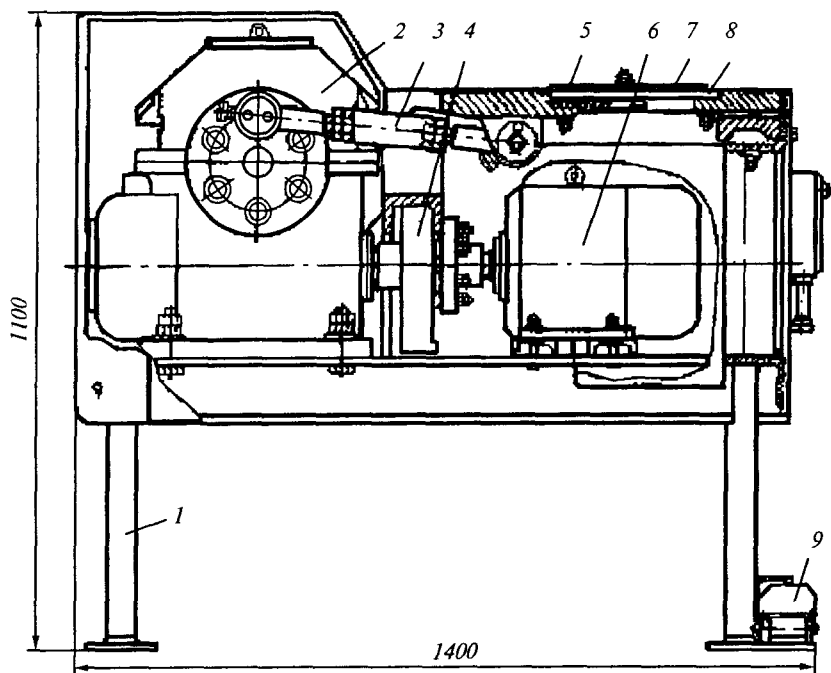


Рис. 9.27. Машина для обрубки рогов В2-ФРМ

Он состоит из рамы 1, режущего механизма, привода. Рама 1 — сварная конструкция из швеллеров и уголков, на которой монтируют корпус 7 измельчителя и привод. Режущий механизм представляет собой набор ножей, из которых девять — подвижные 8 и двадцать — неподвижные 6. Подвижные ножи 8 закреплены на валу 5 шпонками 9 таким образом, что их наружные режущие кромки образуют прерывистую винтовую линию. Вал вращается в четырех радиальных подшипниках 11, установленных в корпусе измельчителя. Осевая нагрузка, возникающая в период работы, воспринимается упорным подшипником 10. Неподвижные ножи крепятся к корпусу с помощью болтов 12. Корпус силового измельчителя — это литая разъемная конструкция, обе половины которой (верхняя и нижняя) также соединяются болтами. Корпус закрывается фартуком 15.

Привод включает в себя электродвигатель 2 и редуктор 4, соединенные между собой муфтой 3. В верхней части корпуса устанавливается загрузочный лоток 13. Последний заблокирован с пусковым устройством 14, обеспечивающим остановку двигателя при снятии загрузочного лотка. Загружаемое в лоток сырье попадает между подвижными и неподвижными ножами, измельчается и подается к выгрузочному люку 16.

Для среднего измельчения кости, конфискатов применяется силовой измельчитель Ж9-ФИС. Устройство и принцип его работы аналогичны описанному выше.

Техническая характеристика измельчителей приведена в табл. 9.7.

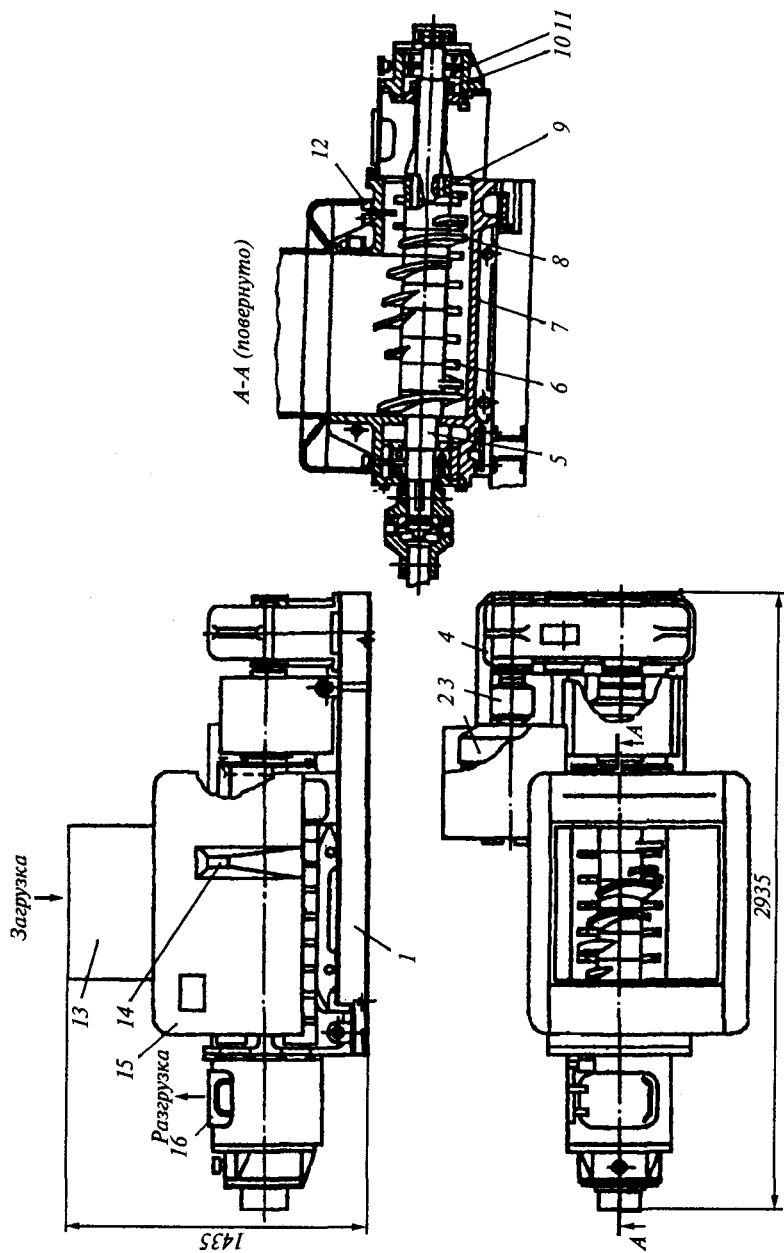


Рис 9.28. Силовой измельчитель К7-ФИ2-С

Таблица 9.7. Техническая характеристика измельчителей

Показатель	К7-ФИ2-С	Ж9-ФИС
Производительность, кг/ч	4500...5500	2000
Размер кусков сырья, мм:		
до измельчения	750×725	350×350×480
после измельчения	50×50	40×40
Частота вращения ножевого вала, с <sup>-1</sup>	0,76	0,67
Установленная мощность, кВт	22,0	13,0
Габаритные размеры, мм	2935×1480×1435	2065×1505×1085
Масса, кг	3240	1293

К оборудованию для измельчения мягкого животного сырья относят волчки, шпигорезки, куттеры, коллоидные мельницы, центробежные измельчители, эмульсификаторы, гомогенизаторы.

*Волчки* используют для среднего и мелкого измельчения сырья. Широкое распространение волчков в мясной промышленности связано с их достоинствами: высокой производительностью, простотой конструкции основных механизмов, легкостью сборки и разборки для санитарной обработки и последующей работы, снабжением передаточных механизмов предохранительными устройствами на случай перегрузки, удобством в обслуживании и эксплуатации, надежностью в работе и возможностью включения в поточно-механизированные линии.

В приемном бункере волчка монтируют детали, которые одновременно перемещивают и нагнетают сырье в механизм измельчения; на горловине волчка устанавливают дополнительные насадки для наполнения колбасных оболочек.

**Волчок-дробилка В2-ФД2-Б** (рис. 9.29) предназначен для среднего и мелкого измельчения твердых конфискатов, кости, смеси твердых и мягких конфискатов, а также подтаявших блоков замороженного мяса.

Он состоит из рамы 2, шнека 3, редуктора 4, электродвигателя 5, клиноременной передачи 6, кожуха 7, блокировки 8, бункера 9. Основной исполнительный орган волчка-дробилки — измельчительное устройство 1, представляющее собой набор матриц и измельчителей, чередующихся в определенном порядке: матрица с большими треугольными отверстиями, измельчитель, матрица с малыми треугольными отверстиями, матрица с круглыми отверстиями. Матрицы устанавливают в насадке и фиксируют стопорами. Измельчители надевают на передний конец шнека.

Куски сырья размерами до 700 мм загружают в бункер, они подхватываются шнеком и перемещаются к измельчительному устройству. Измельчение сырья происходит неподвижными матрицами и вращающимися измельчителями. Шнек приводится в движение электродвигателем через клиноременную передачу и редуктор.

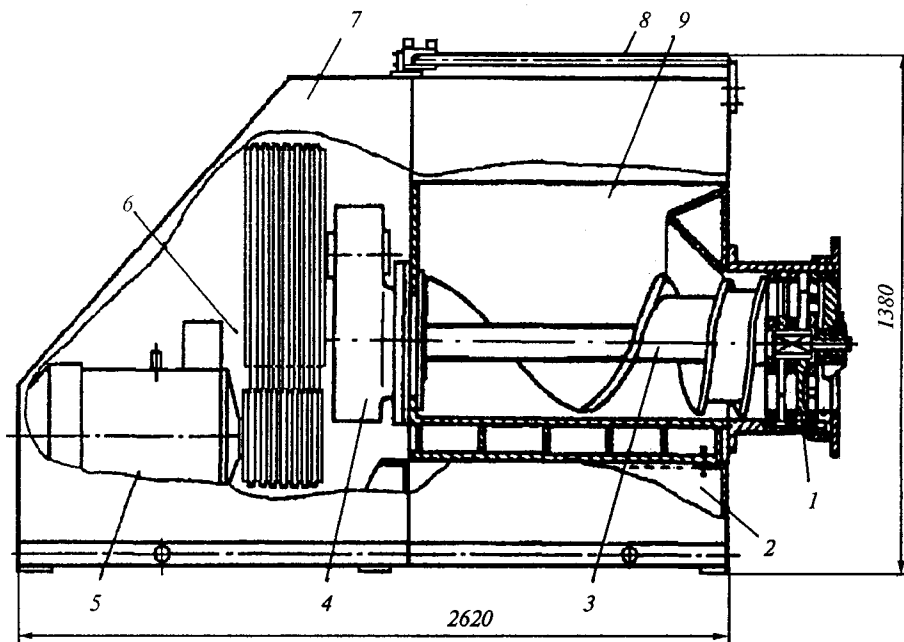


Рис. 9.29. Волчок-дробилка В2-ФД2-Б

### Техническая характеристика волчка-дробилки В2-ФД2-Б

Производительность, кг/ч . . . . .	7500
Размер кусков сырья, мм:	
до измельчения . . . . .	700×350×200
после измельчения . . . . .	40
Установленная мощность, кВт. . . . .	45
Габаритные размеры, мм . . . . .	2620×1040×1380
Масса, кг . . . . .	2100

Машина **В9-ФДМ-01** (рис. 9.30) для измельчения блоков замороженного мяса смонтирована на станине 1 сварной конструкции.

Барабан 2 изготовлен из нержавеющей стали и установлен наклонно. На барабане укреплены ножи 3. Под ножами имеются отверстия трапециевидной формы для выхода измельченного мяса во внутреннюю полость барабана. Режущие кромки ножей выступают над барабаном на 7...8 мм. Вращение барабану с ножами передается от электродвигателя 4 через двухступенчатый редуктор 6.

Привод защищен ограждающим кожухом 5. Загрузочный бункер 7 расположен наклонно для сползания замороженных блоков мяса. Для правильной установки машины на полу цеха ее станина снабжена регулируемыми опорами 8.

### Техническая характеристика измельчителя В9-ФДМ-01

Производительность, кг/ч . . . . .	3600
Установленная мощность, кВт . . . . .	55
Габаритные размеры, мм . . . . .	1370×970×1610
Масса, кг . . . . .	422

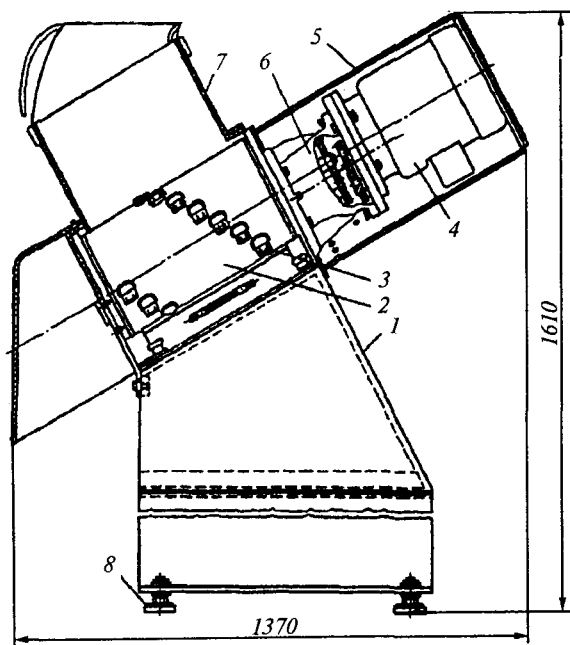


Рис. 9.30. Машина Б9-ФДМ-01 для измельчения мяса

**Волчок К6-ФВП-120** (рис. 9.31) предназначен для среднего и мелкого измельчения мясного сырья.

Он установлен на станине 1 сварной конструкции и включает механизм подачи сырья, режущий механизм 5, привод 2 и загрузочный бункер 8.

В механизм подачи сырья к режущему механизму 5 входят рабочий шнек 4, вспомогательный шнек 3 подачи сырья к рабочему шнеку и рабочий цилиндр 7 с внутренними ребрами. Режущий механизм 5 — ножи, установленные на хвостовике рабочего шнека 4, ножевые решетки и прижимное устройство 6. Откидной стол служит для санитарной обработки режущего механизма, откидная площадка 10 обеспечивает удобство обслуживания. Управление приводом

волчка осуществляют кнопками 9.

Мясо (температура не ниже  $1^{\circ}\text{C}$ ) подается в загрузочный бункер волчка по вертикальным спускам, откуда захватывается вспомогательным и рабочим шнеками и направляется к режущему механизму.

На нем сырье измельчается до заданной степени, что обеспечивается установкой ножей и соответствующих ножевых решеток. При переработке шрота порция загружаемого сырья не должна превышать 90 кг, в противном случае возможно зависание продукта в чаше.

Техническая характеристика волчка К6-ФВП-120 приведена в табл. 9.8.

**Волчок К7-ФВП-160-1** (рис. 9.32, а) предназначен для среднего и мелкого измельчения мясного сырья.

Он состоит из четырех основных механизмов: питающего, режущего 2, привода и станины, на которой монтируются все сборочные единицы, детали, электродвигатель 9 и пусковая электроаппаратура. Волчок включает также подпорную решетку 1, ножевой вал 3, одновитковую лопасть 5, клинноремennую передачу 8 ножевого вала, площадку 10 для санитарной обработки, желоб 11 и трубчатую насадку 12.

Питающий механизм включает бункер 6 и шнеки 4. Режущий механизм (рис. 9.32, б) состоит из подпорной решетки 1, выходной ножевой решетки 2, ножей 3, промежуточной 4 и приемной 5 решеток, а также цилиндра с внутренними ребрами и гайкой-маховиком с трубчатой насадкой.

Ножи выполнены из двух частей и имеют криволинейные зубья, между которыми расположены проходные каналы для продукта. Частота вращения ножей ( $8,3\text{ c}^{-1}$ ) превышает частоту вращения рабочего шнека ( $3,3\text{ c}^{-1}$ ). Это достигается тем, что вал, приводящий во вращение ножи, проходит внутри рабочего шнека и имеет самостоятельный привод. Рабочий шнек в месте загрузки имеет впадины для заполнения продуктом, а загрузочный бункер под шнеком — отсекающие ребра. Эта конструкция обеспечивает равномерную и непрерывную подачу продукта в рабочую зону.

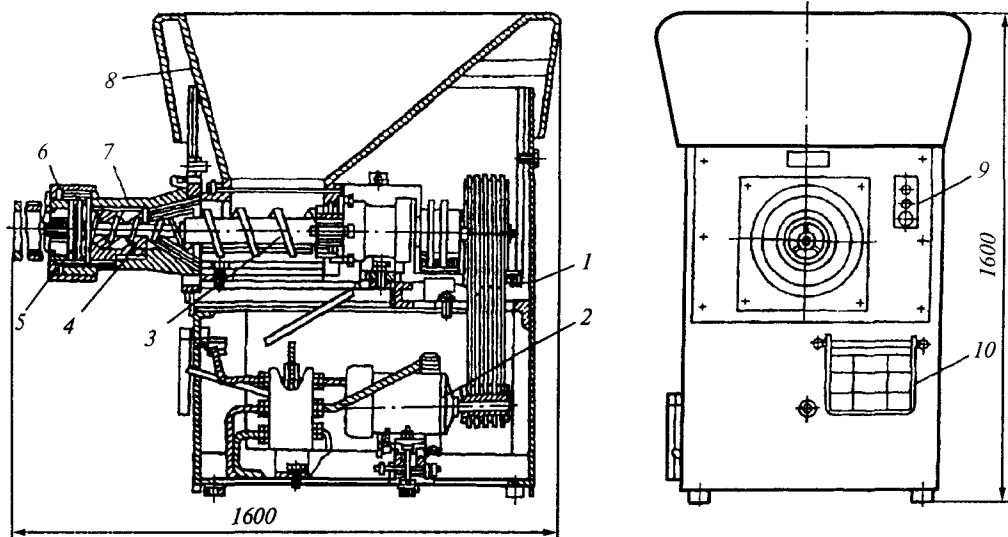


Рис. 9.31. Волчок К6-ФВП-120

Число спиральных ребер превышает в два раза число ребер со стороны загрузочного бункера, в результате чего исключается возврат продукта в бункер. Выходная решетка толщиной 8 мм поджимается жесткой подпорой с радиальными заостренными ребрами. Конструкция этой подпоры позволяет применять решетки толщиной до 3,0 мм, тогда как ранее решетки заменяли на новые при износе до толщины 8,0 мм.

Привод состоит из электродвигателя 9, редуктора цилиндрического и клиноременной передачи 7.

Волчок работает следующим образом: жилованное мясо в кусках массой до 0,5 кг подается в бункер, откуда захватывается рабочим и вспомогательным шнеками и направляется в зону режущего механизма. В нем сырье измельчается до заданной степени, которая обеспечивается путем установки ножей и ножевых решеток с соответствующими диаметрами отверстий.

Техническая характеристика волчков (без загрузочных устройств) приведена в табл. 9.8.

Таблица 9.8. Техническая характеристика волчков

Показатель	К6-ФВП-120	К7-ФВП-160-1
Производительность, кг/ч	2500	5000
Диаметр решеток режущего механизма, мм	120	160
Установленная мощность, кВт	12,5	32,2
Габаритные размеры, мм	1600×900×1600	1900×1000×1650
Масса, кг	800	1200

В настоящее время осваивается выпуск модульных агрегатов для малых частных предприятий и фермерских хозяйств. Эти агрегаты представляют собой устройства, в которых на базе универсального привода монтируют волчок, шприц, мешалку, куттер и др.

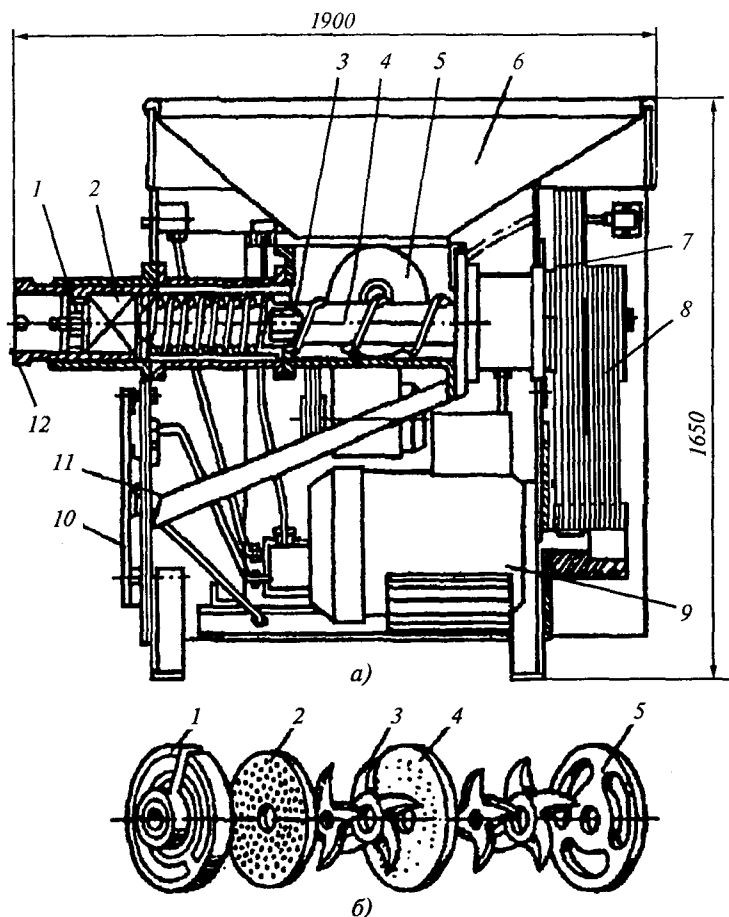


Рис. 9.32. Волчок К7-ФВП-160-1:  
а — схема волчка; б — режущий механизм

*Куттеры* предназначены для тонкого измельчения мясного мягкого сырья и превращения его в однородную гомогенную массу. Мясное сырье в куттерах измельчается при помощи быстровращающихся серповидных ножей, установленных на валу. Ножи попеременно погружаются во вращающуюся с частотой до  $0,3 \text{ с}^{-1}$  чашу. Измельчение ведется в открытых чашах или под вакуумом. Кроме того, в куттерах совмещают процессы измельчения и смешивания.

На рис. 9.33 показана схема куттера периодического действия. Он состоит из открытой чаши 5, режущего механизма, включающего приводной вал 2 и серповидные ножи 4, из гребенки 3 и крышки 1, закрывающей рабочую зону куттера. К крышке 1 прикреплены скребки 6, располагающиеся по внешней и внутренней частям продукта, находящегося в чаше. Они направляют продукт под режущий механизм при вращении чаши, который представляет собой комплект серповидных ножей, закрепленных в ножевой головке.

Число ножей в комплекте для куттеров периодического действия составляет не менее двух и вращаются они с частотой до  $100 \text{ с}^{-1}$  и более. Нож куттера может иметь режущую кромку в виде прямой линии с заточкой в виде клина или малоизогнутой



линии и сложной геометрической формы (ломаная линия). Выбор ножа с первой или второй формой заточки режущей кромки определяется требованиями качества измельчения продукта и энергетическими затратами. При существующих формах заточки ножей предпочтение отдается асимметричному клину с углом при вершине от 15 до 30°.

Ножи закрепляют способом открытого и закрытого гнезда. В первом случае крепление ножей с вилкообразной посадочной частью применяют для куттеров малой производительности.

Ножи укрепляют на валу гайкой, и они удерживаются силой трения. Вторым способом применяется для высокоскоростных куттеров. Ножи изготавливают с отверстиями в посадочной части.

Конструкцию ножей и ножевой головки (рис. 9.34) выбирают такой, чтобы обеспечить их легкую балансировку и поддержать минимальный зазор между внутренней поверхностью чаши и режущей кромкой ножа.

В его состав входят нож 1, посадочная часть 2, втулка 3, вал 5, штифт 6, гайка 8 и диск 9. Отверстия 4 и 7 предназначены для входа исходного продукта и удаления измельченного.

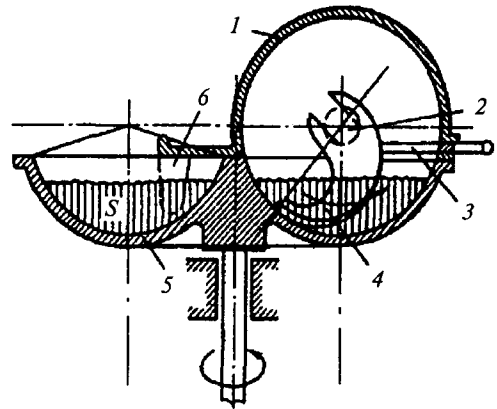


Рис. 9.33. Схема куттера периодического действия

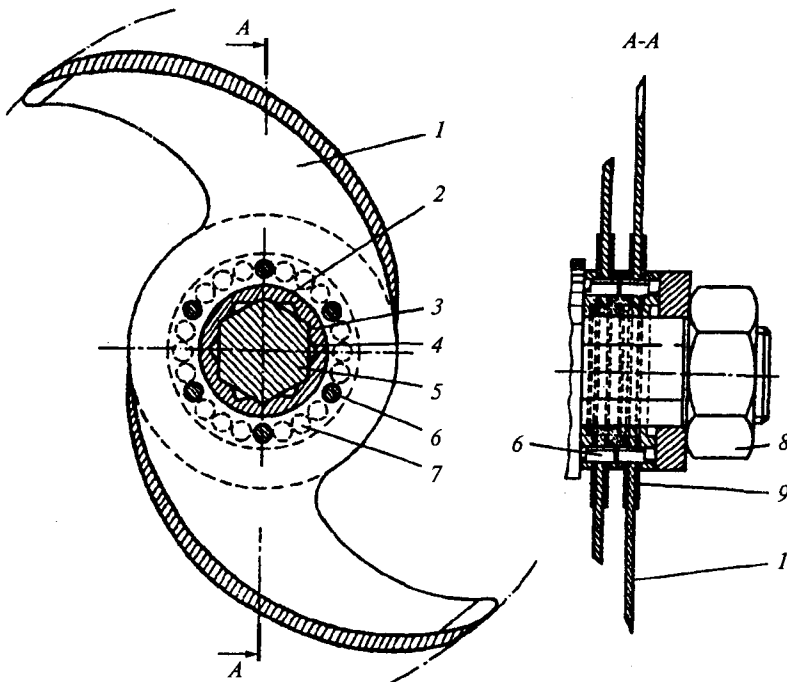


Рис. 9.34. Конструкция ножей и ножевой головки

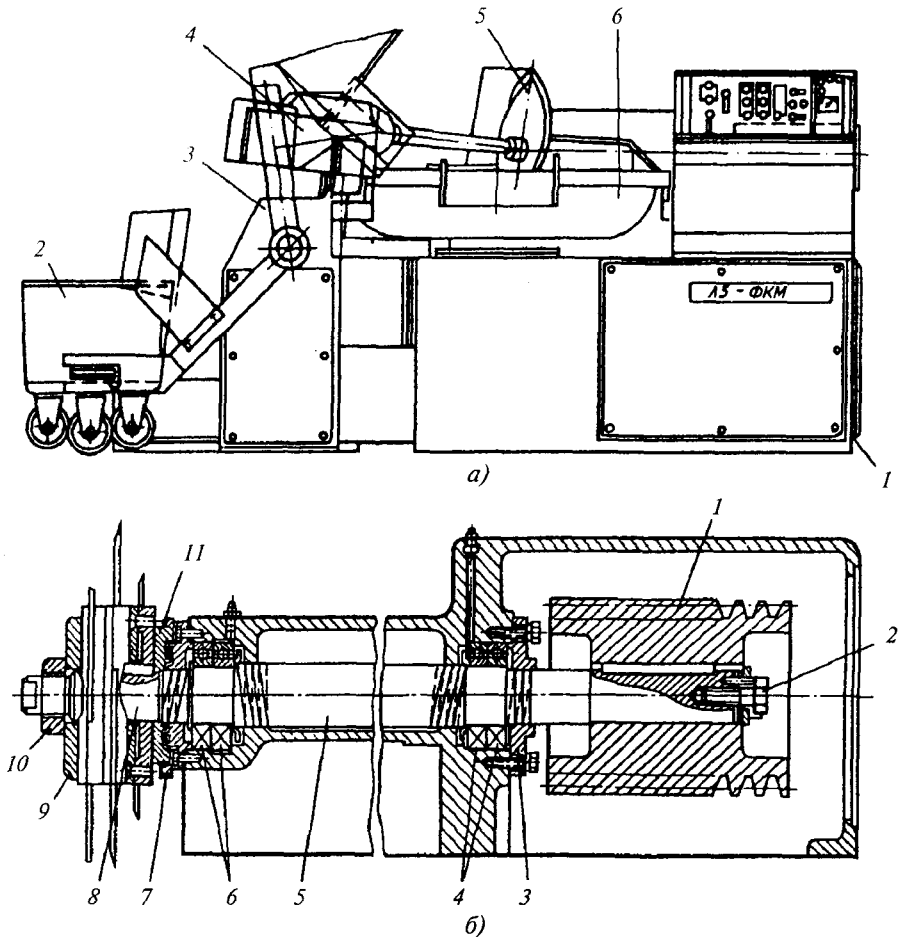


Рис. 9.35. Куттер Л5-ФКМ:  
а — общий вид; б — ножевой вал

Чашу куттера загружают либо вручную, либо загрузочными устройствами (подъемниками с напольными тележками). Измельченный продукт выгружают из куттеров периодического действия вручную в напольную тележку, опрокидывая чашу, или при помощи разгрузочных тарелок и скребков через борт чаши или через центральное отверстие в ней, закрываемое пробкой. Откидную крышку куттера открывают и закрывают специальными устройствами. В вакуумных куттерах крышка закрывает чашу герметично благодаря резиновой прокладке.

Основной показатель технической характеристики куттера — вместимость чаши. Для малых предприятий применяют куттеры с чашей вместимостью от 15 до 125 л, на крупных — более 125 л.

Куттер Л5-ФКМ (рис. 9.35, а) предназначен для окончательного тонкого измельчения мяса и приготовления фарша при производстве варено-копченых, полукопченых, сырокопченых, вареных, ливерных колбас, сосисок и сарделек. Допускается измельчение охлажденного от  $-1$  до  $+5$  °С мяса в кусках массой не бо-

лее 0,5 кг, а также блоков замороженного мяса размерами 190×190×75 мм температурой не ниже  $-8^{\circ}\text{C}$ .

Он состоит из станины 1 с электродвигателями приводов ножевого вала и чаши, чаши ножевого вала 6, защитной крышки, выгрузателя 4 с тарелкой 5, механизма загрузки 3, тележки 2, дозатора воды и электрооборудования с пультом управления.

Станина 1 изготовлена из двух отдельных частей. В нижней части на качающихся плитах установлены электродвигатели приводов ножевого вала и чаши, в верхней части на подшипниках качения — ножевой вал, на консоли которого расположены ножевые головки. Механизм выгрузки — редуктор, к которому с одной стороны фланцем присоединен электродвигатель, с другой — труба выгрузателя с проходящим через нее валом привода тарелки. Исполнительный орган выгрузателя — тарелка. В момент начала выгрузки продукта она получает вращение, а так как одновременно включается муфта червячной пары, то медленно опускается в чашу — фарш выгружается. При достижении тарелкой дна чаши муфта отключается, движение тарелки вниз прекращается, она продолжает вращаться до полной выгрузки продукта, а затем включается реверс и тарелка поднимается вверх.

Ножевой вал (рис. 9.35, б) состоит из шкива 1, болта 2, крышки 3, подшипников 4 и 6, вала 5, ножевой головки 8, кольца 9, гайки 10. Наружный 7 и внутренний 11 лабиринты обеспечивают заданную траекторию движения продукта.

Зона куттерных ножей закрыта защитной крышкой из нержавеющей стали, заполненной внутри звукопоглощающим материалом, снизу к ней крепится скребок для удаления с наружной поверхности фарша и направления его в лоток, установленный на ограждении чаши. Механизм загрузки — тележка для транспортирования продукта к куттеру и механизм ее опрокидывания, смонтированный в чугунной станине.

Дозатор воды включает в себя бак с датчиками доз, центробежный насос с электродвигателем для подачи воды в чашу и соленоидный клапан. Принцип работы дозатора основан на объемном измерении. Бак его постоянно наполнен водой доверху. Для выдачи дозы включается насос подачи воды в чашу на определенное количество литров. Когда уровень воды понизится на заданную величину, насос автоматически отключается, клапан открывается и вода из магистрали поступает в бак.

### Техническая характеристика куттера Л5-ФКМ

Производительность, кг/ч . . . . .	1200
Вместимость чаши, м <sup>3</sup> . . . . .	0,125
Установленная мощность, кВт . . . . .	30,6
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	5,5
Масса, кг . . . . .	2200

*Коллоидные мельницы и измельчители* применяют для обработки мягкого мясного сырья. Сырье в режущий механизм подают вручную, оно может поступать самотеком, при помощи насосов или под вакуумом. Измельченный продукт вытесняется деталями режущего механизма или перемещается вращающимися дисками, лопастями, шнеками.

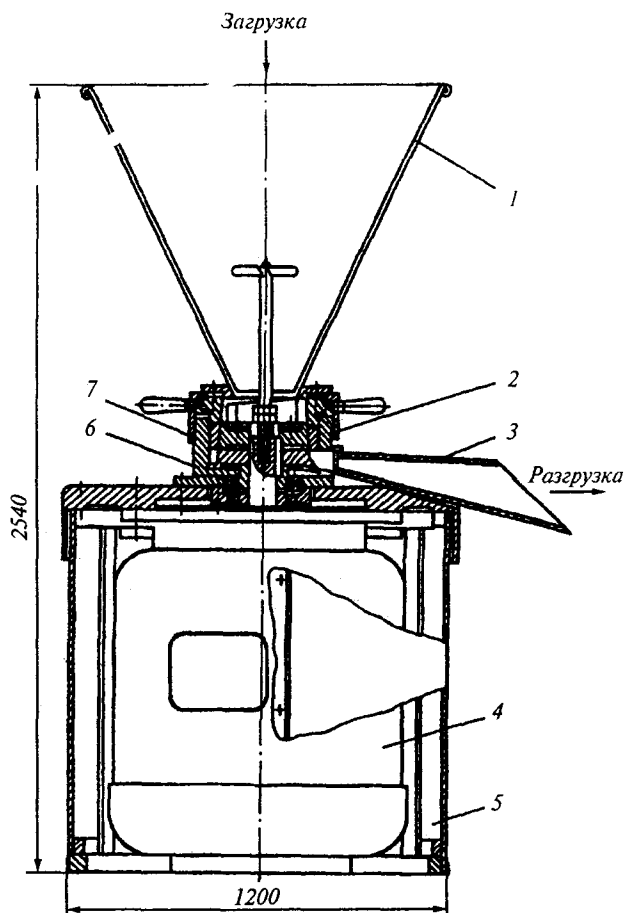


Рис. 9.36. Коллоидная мельница К6-ФКМ

Например, режущий механизм коллоидной мельницы «Кошта» (Германия) представляет собой горизонтальные корундовые круги. Корунд — материал, по твердости превосходящий алмаз. Нижний размольный круг (ротор) вращается с частотой  $50 \text{ с}^{-1}$ , а верхний (статор) остается неподвижным. Сырье подается через питающую воронку и под воздействием центробежной силы поступает к периферии размольных кругов, где измельчается. Дальнейшая обработка происходит в так называемых зонах завихрения под воздействием кавитационных сил.

Машины оснащены также устройством для охлаждения или нагрева. Зазор между размольными кругами регулируется маховичком во время работы машины; заданная величина зазора определяется по шкале. Мельницу можно дополнительно укомплектовать автоматическим термоэлек-

трическим устройством для регулирования зазора между размольными кругами.

**Коллоидная мельница К6-ФКМ** (рис. 9.36) предназначена для тонкого измельчения мягкого мясного сырья.

Она состоит из загрузочного бункера 1, винтовой лопатки, накидной гайки 7, измельчающего механизма 2, патрубка и привода. Загрузочный бункер 1 имеет конусообразную форму. Накидная гайка 7 соединяет загрузочный бункер 1 с измельчающим механизмом 2, который состоит из ротора и статора. Ротор включает верхний, средний и нижний диски.

На станине 5 установлен также разгрузочный бункер 3 и корпус измельчителя 6. Производительность мельницы зависит от степени измельчения сырья. Ее регулируют, изменяя кольцевой зазор между ротором и статором. Пределы регулирования зазора между ротором и статором составляют  $0,05 \dots 1,50 \text{ мм}$ . Привод осуществляется от электродвигателя 4.

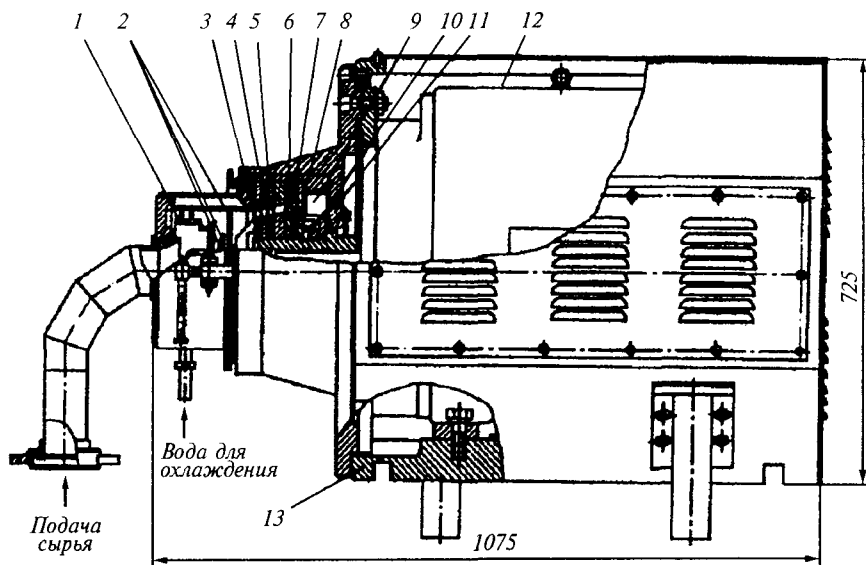
Продукт загружают в бункер. Под действием силы тяжести он попадает в режущий механизм, проходит через зазор между ротором и статором, измельчается и через патрубок выходит.

**Техническая характеристика коллоидной мельницы К6-ФКМ**

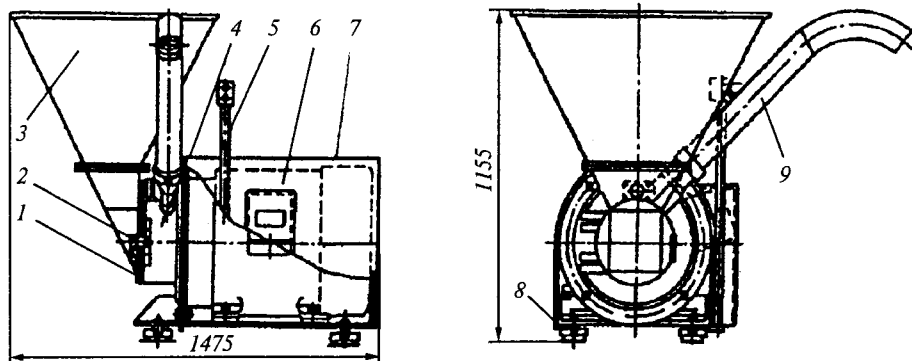
Производительность, кг/ч . . . . .	1000...2000
Установленная мощность, кВт . . . . .	22,0
Габаритные размеры, мм . . . . .	1200×1235
Масса, кг . . . . .	450

**Измельчитель непрерывного действия А1-ФКЕ/3** (рис. 9.37, а) предназначен для тонкого измельчения мягкого мясного сырья.

Его основные сборочные единицы — электродвигатель 1, станина 13, механизм измельчения 2. Последний включает в себя: вращающийся распределительный цилиндр и спаренные серповидные ножи 11 — первая ступень измельчения; вращаю-



а)



б)

Рис. 9.37. Измельчители непрерывного действия:  
а — типа А1-ФКЕ/3; б — типа ЯЗ-ФИБ

щийся подрезной нож 10, неподвижный ножевой диск 9 и вращающийся ножевой диск 8 — вторая ступень измельчения; вращающийся подрезной нож 7, неподвижный ножевой диск 6 и вращающийся ножевой диск 5 — третья ступень измельчения; разгрузочный диск 4 с гайкой-регулятором 3. Ножевые диски третьей ступени в отличие от ножевых дисков второй ступени имеют большее число зубьев и большие размеры. Первая ступень механизма измельчения размещена в сварном цилиндрическом корпусе из нержавеющей стали. Корпус имеет охлаждающую рубашку, в которую подается холодная вода температурой не более 2 °С. Движущиеся части машины закрыты кожухом 12.

Вторая и третья ступени измельчения и разгрузочный диск размещены в литом корпусе, который крепится к станине и фланцу электродвигателя. Распределительный цилиндр, спаренные серповидные ножи, вращающиеся ножевые диски и разгрузочный диск соосно смонтированы через промежуточные кольца на втулке, которая с помощью винта закрепляется на валу электродвигателя.

**Измельчитель мяса ЯЗ-ФИД** (рис. 9.37, б) предназначен для тонкого измельчения мяса, предварительно измельченного на волчке с диаметром отверстий решетки 3 мм.

На корпусе 4 измельчителя смонтированы открывающийся в сторону приемный бункер 3 вместимостью 0,15 м<sup>3</sup> и выходной патрубок 9. С помощью зажима 2 крышка 1 крепится к корпусу 4. Для управления работой электродвигателя 6 измельчитель снабжен колонкой 5 с кнопками «Пуск-стоп». Корпус 4 закрыт кожухом 7.

В корпусе собран комплект режущего инструмента, состоящий из чередующихся вращающихся и неподвижных кольцеобразных ножей; частота вращения ножей около 49±2 с<sup>-1</sup>. Резцы вращающихся ножей заточены под противоположными углами, при этом грани резцов вращающихся ножей наклонены относительно оси в сторону вращения двигателя. Неподвижные и вращающиеся ножи чередуются с промежуточными кольцами.

Основание 8 измельчителя имеет колеса, что позволяет проводить загрузку различного оборудования, эксплуатируемого в цехе, например фаршемешалок или шприцев. К преимуществам измельчителя по сравнению с традиционными куттерами относятся непрерывность работы и возможность механической загрузки последующего оборудования через выходной патрубок с помощью лопастного выгрузателя.

Фарш загружается в приемный бункер для окончательного измельчения. Включают электродвигатель. Под действием собственной массы и разрежения, получаемого при работе выгрузателя, фарш поступает на лопастное колесо, которое транспортирует его в зону измельчения. Измельчение выполняется режущими кромками резцов подвижных и неподвижных ножей. Лопастями фарш вытесняется в выходной патрубок и выгружается в технологическую емкость, бункер шприца или колбасного автомата.

Техническая характеристика измельчителей приведена в табл. 9.9.

Таблица 9.9. Техническая характеристика измельчителей

Показатель	А1-ФКЕ/3	ЯЗ-ФИД
Производительность, кг/ч	4500	6000
Частота вращения ножей, с <sup>-1</sup>	48,3	49±2
Установленная мощность, кВт	55	55
Габаритные размеры, мм	1075×820×725	1475×1490×1155
Масса, кг	725	650

**Инженерные расчеты.** Производительность шнекового измельчителя  $\Pi_m$  (кг/с) непрерывного действия

$$\Pi_m = mk[\pi(d_n^2 - d_b^2) / 4](\lambda - [(b_1 - b_2) / 2 \cos \alpha]) n \rho k_1 k_2 k_3,$$

где  $m$  — число заходов шнека;  $k$  — количество шнеков;  $d_n$  — наружный диаметр шнека, м;  $d_b$  — диаметр вала шнека, м;  $\lambda$  — шаг винтовой лопасти шнека, м;  $b_1, b_2$  — ширина винтовой лопасти в сечении по внутреннему и наружному радиусам шнека, м;  $\alpha$  — угол подъема винтовой линии по среднему диаметру шнека;  $n$  — частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\rho$  — плотность прессованного продукта при выходе из отверстия матрицы,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_1, k_2, k_3$  — коэффициенты наполнения межвинтового пространства, прессования, степени уменьшения подачи.

Мощность двигателя  $N$  (кВт) шнекового измельчителя

$$N = E \Pi_m (1 + K_r) \eta_a / 1000 \eta_b$$

где  $E$  — удельный расход энергии на измельчение, Дж/кг;  $\Pi_m$  — производительность шнекового измельчителя, кг/с;  $K_r$  — коэффициент потерь энергии на трение;  $\eta_a$  — коэффициент запаса мощности ( $\eta_a = 1,2 \dots 1,5$ );  $\eta_b$  — КПД передачи от двигателя к валу шнека.

Производительность шнекового измельчителя  $\Pi_m$  (кг/с) периодического действия

$$\Pi_m = V \rho \alpha_0 / (t_3 + t_n + t_p),$$

где  $V$  — вместимость измельчителя,  $\text{м}^3$ ;  $\alpha_0$  — коэффициент заполнения измельчителя;  $t_3$  — продолжительность загрузки, с;  $t_p$  — продолжительность разгрузки, с;  $t_n$  — продолжительность измельчения, с;

$$t_n = 3600C / n^{\alpha m_1},$$

здесь  $C$  — постоянный коэффициент, зависящий от вида процесса, определяемый экспериментально;  $n$  — частота вращения лопастей,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий наличие элементов турбулизации;  $m_1$  — параметр, зависящий от вида и состояния измельчаемого сырья, определяемый экспериментально.

Объемная производительность куттера  $\Pi$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$\Pi = V / \tau(1 + \tau_0 / \tau),$$

где  $\tau$  — длительность процесса измельчения, с;  $\tau_0$  — длительность вспомогательных операций, с;  $V$  — объем загружаемого продукта,  $\text{м}^3$

$$V = \alpha 2\pi R S_0,$$

где  $\alpha$  — коэффициент заполнения чаши продуктом ( $\alpha = 0,5 \dots 0,6$ );  $R$  — расстояние от оси вращения до оси ножевого вала, м;  $S_0$  — площадь сегмента, при помощи которого образована чаша,  $\text{м}^2$ .

Размеры и количество ножей, их скорость определяют по режущей способности ножей, которая находится из формулы:

для машин с серповидными ножами

$$P = 1800 S z_0 \omega / \pi,$$

где  $S$  — площадь среза слоя продукта, находящегося в чаше или желобе машины,  $\text{м}^2$ ;  
 $\omega$  — частота вращения ножей,  $\text{с}^{-1}$ ;  $z_0$  — количество ножей, шт.;  
 для волчков

$$P = (\pi D^2 / 240) n (\varphi_1 k_1 + \varphi_2 k_2 + \dots + \varphi_z k_z),$$

где  $\varphi_z$  — коэффициент использования площади решетки под отверстия ( $\varphi_z = 0,2 \dots 0,5$ );  $D$  — диаметр решетки (матрицы), м;  $n$  — частота вращения ножей,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $k_z$  — количество лезвий на каждом ноже, шт.

### 9.10. ГОМОГЕНИЗАТОРЫ

Наибольшее распространение получили клапанные гомогенизаторы, основными узлами которых являются насос высокого давления и гомогенизирующая головка.

На рис. 9.38 показана двухступенчатая гомогенизирующая головка, состоящая из корпуса 3 и клапанного устройства, основными частями которого являются седло клапана 1 и клапан 2. Клапан связан со штоком, на выступ которого давит пружина 6. Сила сжатия пружины регулируется путем перемещения накидной гайки 5 со штурвалом, которая вместе с пружиной, штоком 7 и стаканом 8 образует нажимное устройство 4.

Жидкость, нагнетаемая насосом под тарелку клапана, давит на тарелку и отодвигает клапан от седла, преодолевая сопротивление пружины. В образующуюся между клапаном и седлом щель высотой от 0,05 до 2,5 мм проходит с большой скоростью жидкость и при этом гомогенизируется. На следующей ступени процесс повторяется.

По типу гомогенизирующей головки гомогенизаторы можно подразделить на одно-, двух- и многоступенчатые. На практике применяют только одно- и двухступенчатые, так как многоступенчатые не оправдывают себя, поскольку приводят к громоздкости конструкции, неудобству в эксплуатации и незначительному улучшению эффекта гомогенизации по сравнению с двухступенчатыми.

Основными показателями работы гомогенизаторов являются универсальная рабочая и кавитационная характеристики. Универсальная характеристика гомогенизатора представляет зависимость между его производительностью, затрачиваемой мощностью и КПД. Она дает представление об уровне совершенства конструкции гомогенизатора и его техническом состоянии.

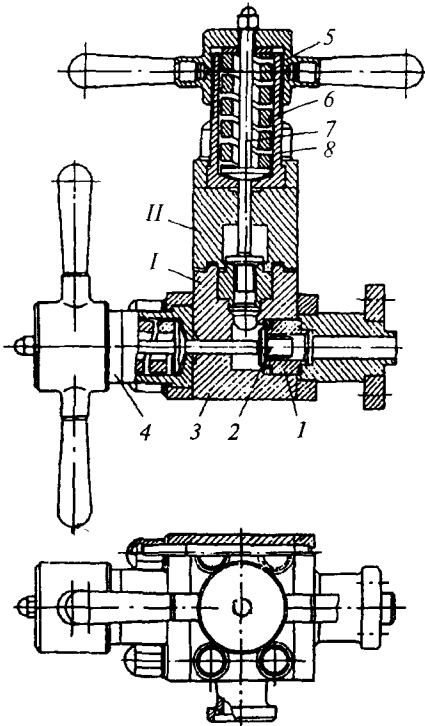


Рис. 9.38. Двухступенчатая гомогенизирующая головка:

I — первая ступень; II — вторая ступень



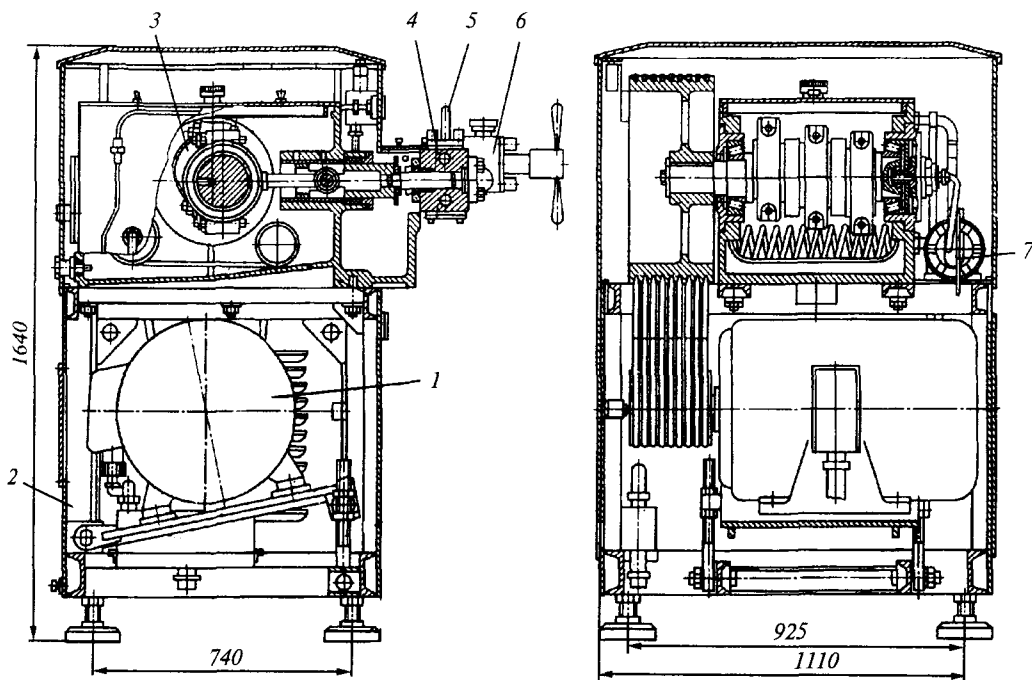


Рис. 9.39. Гомогенизатор А1-ОГМ

Снятие кавитационной характеристики требует установления мановакуумметра на всасывающей стороне гомогенизатора. Начало кавитации определяют по началу снижения подачи более чем на 2 %.

Кавитационная кривая показывает особенности работы гомогенизатора на его всасывающей стороне и позволяет решить вопрос об улучшении условий работы в конкретном случае.

**Гомогенизатор А1-ОГМ** (рис. 9.39), предназначенный для получения тонкоизмельченного однородного продукта, состоит из электродвигателя 1, станины 2, крилошипно-шагунного механизма 3 с системами смазки 7 и охлаждения, плунжерного блока 4 с гомогенизирующей 6 и манометрической 5 головками и предохранительным клапаном.

Принцип работы гомогенизатора заключается в нагнетании продукта через узкую щель между седлом и клапаном гомогенизирующей головки. Давление продукта перед клапаном 20...25 МПа, после клапана — близко к атмосферному. При таком резком перепаде давления наряду со значительным увеличением скорости продукт измельчается.

Гомогенизатор представляет собой трехплунжерный насос. Каждый из трех плунжеров, совершая возвратно-поступательное движение, всасывает жидкость из приемного канала, закрытого всасывающим клапаном, и нагнетает ее через нагнетательный клапан в гомогенизирующую головку под давлением 20...25 МПа.

Гомогенизирующая головка является наиболее важной и специфической частью гомогенизатора. Она представляет собой стальной корпус, в котором находится цилиндрический центрируемый клапан. Под давлением жидкости клапан поднимается, образуя кольцевую щель, через которую жидкость проходит с большой скоростью и затем выводится через штуцер из гомогенизатора.

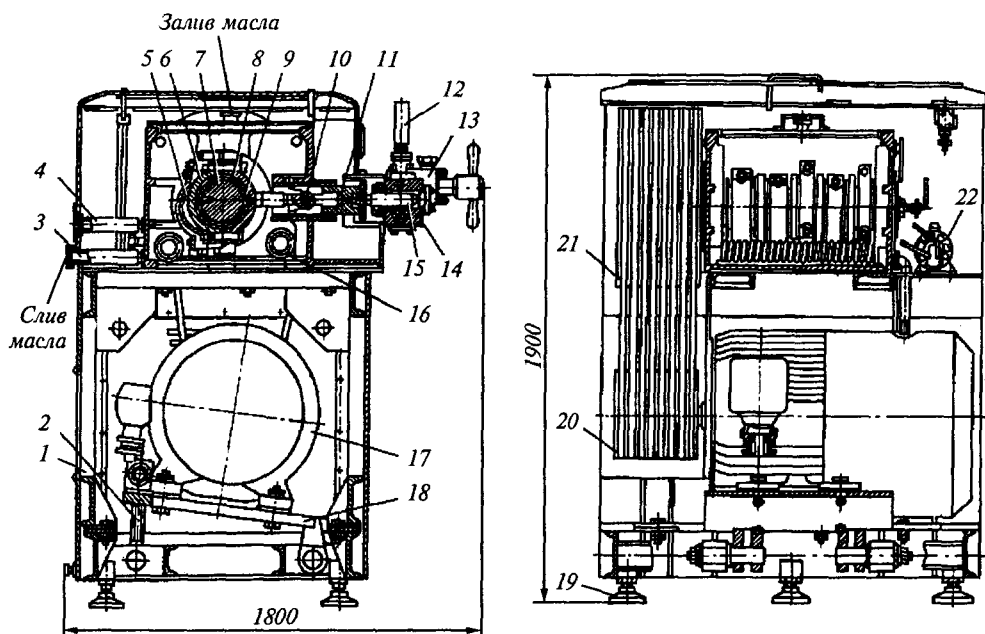


Рис. 9.40. Гомогенизатор К5-ОГА-10

Регулированием давления пружины на клапан достигается оптимальный режим гомогенизации для различных продуктов.

Внутри станины шарнирно закреплена плита, положение которой регулируется винтами. На плите установлен электродвигатель 1, приводящий в движение кривошипно-шатунный механизм 3 через клиноременную передачу. В корпусе 2, представляющем собой резервуар с наклонным дном, размещены кривошипно-шатунный механизм 3, система охлаждения и масляный сетчатый фильтр. Система охлаждения предназначена для подвода холодной воды к плунжерам. Она включает в себя змеевик, уложенный на дне корпуса 2, перфорированную трубку над плунжерами и патрубки для подвода и отвода воды. Система смазки служит для подачи масла к шейкам коленчатого вала для уменьшения трения.

Техническая характеристика гомогенизатора А1-ОГМ приведена в табл. 9.10.

**Гомогенизатор К5-ОГА-10** (рис. 9.40) предназначен для дробления и равномерного распределения жировых шариков в молоке и жидких молочных продуктах, а также в смесях для мороженого.

Он представляет собой пятиплунжерный насос высокого давления с гомогенизирующей головкой. Он состоит из станины 1 с приводом, кривошипно-шатунного механизма 5 с системами смазки и охлаждения, плунжерного блока 14 с гомогенизирующей 13 и манометрической 12 головками и предохранительным клапаном. Внутри плунжерного блока 14 имеется плунтер 15, соединенный с ползуном 11. Привод гомогенизатора осуществляется от электродвигателя 17 через ведущий 20 и ведомый 21 шкивы и клиноременную передачу. Внутри станины 1 шарнирно закреплена плита 18, положение которой регулируется винтами 2. Станина установлена на шести варьлируемых по высоте опорах 19.

Кривошипно-шатунный механизм 5 состоит из литого чугунного корпуса, коленчатого вала 7, установленного на двух роликоподшипниках, шатунов 8 с крышками 6 и вкладышами 9, ползунов 11, шарнирно соединенных с шатунами 8 при помощи пальцев 10, стаканов и уплотнений. Внутренняя полость корпуса кривошипно-шатунного механизма является масляной ванной. В задней стенке корпуса смонтированы указатель уровня масла 4 и сливная пробка 3. В корпусе, представляющем собой резервуар с наклонным дном, размещены кривошипно-шатунный механизм 5, система охлаждения, масляный сетчатый фильтр и маслонасос 22.

Гомогенизатор имеет принудительную систему смазки наиболее нагруженных трущихся пар, которая применяется в сочетании с разбрызгиванием масла внутри корпуса. Охлаждение масла проводится водопроводной водой посредством змеевика 16 охлаждающего устройства, уложенного на дне корпуса, а плунжеры охлаждаются водопроводной водой, попадающей на них через отверстия в трубе. В системе охлаждения установлено реле протока, предназначенное для контроля за протеканием воды.

Регулированием давления пружины на клапан достигается оптимальный режим гомогенизации для различных продуктов.

Техническая характеристика гомогенизатора К5-ОГА-10 приведена в табл. 9.10.

Таблица 9.10. Техническая характеристика гомогенизаторов

Показатель	К5-ОГА-10	А1-ОГМ	А1-ОГ2-С
Производительность, л/ч	1000	5000	500
Рабочее давление, МПа	20	20	20
Температура продукта, поступающего на гомогенизацию, °С	45...85	45...85	70...90
Электродвигатель:			
мощность, кВт	75	37	4
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	750	980	1000
Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	360	350	180
Количество плунжеров	5	3	3
Ход плунжера, мм	70	60	28
Число ступеней гомогенизации	2	2	—
Габаритные размеры, мм	1800×1500×1900	1480×1110×1640	1300×900×1500
Масса, кг	4000	1710	645

Гомогенизатор А1-ОГ2-С (рис. 9.41) предназначен для механической обработки вязких молочных продуктов типа сливочных, плавленых и пластических сыров для придания однородности продукту с целью улучшения его качества.

Гомогенизатор представляет собой горизонтально расположенный трехплунжерный насос высокого давления с гомогенизирующим устройством 8.

Привод насоса осуществляется от электродвигателя 4 с помощью клиноременной передачи, ведомого 15 и ведущего 16 шкивов. Гомогенизатор состоит из следующих основных узлов: кривошипно-шатунного механизма 1, привода, плунжерного блока 9, гомогенизирующего устройства 8, предохранительного клапана 7, бункера, кожуха, станины 13.

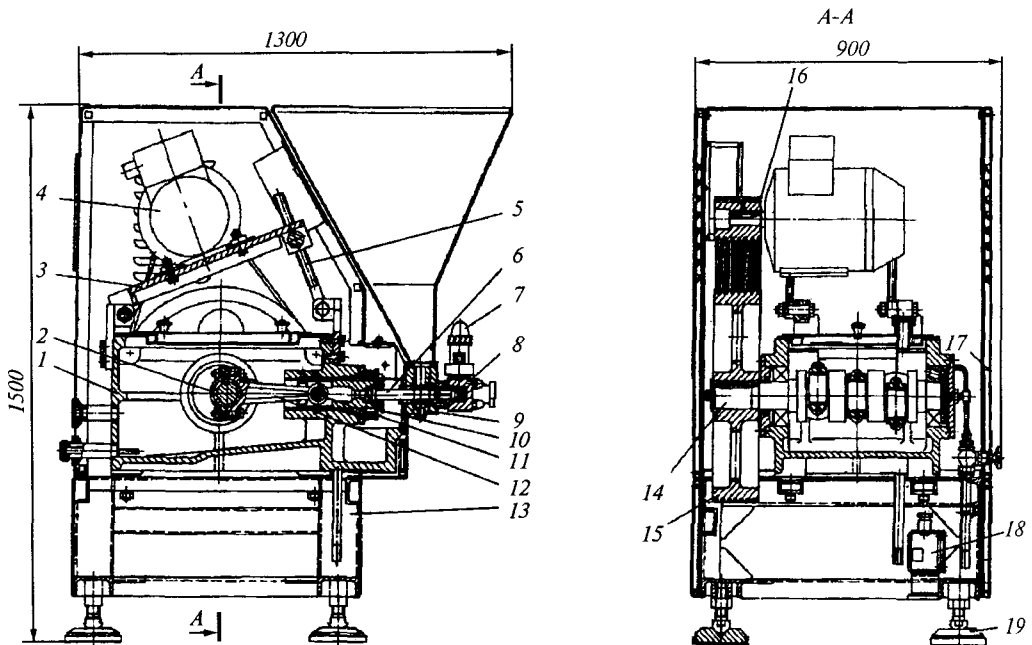


Рис. 9.41. Гомогенизатор А1-ОГ2-С

Кривошипно-шатунный механизм 1 включает литой чугунный корпус, коленчатый вал 14, установленный на двух роликоподшипниках, шатуны 12 с крышками 2 и вкладышами, ползуны 10, шарнирно соединенные с шатунами 12 пальцами 11, стаканы и уплотнение. Внутренняя полость корпуса кривошипно-шатунного механизма является масляной ванной.

В задней стенке корпуса установлены указатель уровня масла и сливная пробка. Смазка трущихся деталей проводится разбрызгиванием масла. Корпус кривошипно-шатунного механизма закрыт крышкой, в которой имеется горловина с фильтрующей сеткой для залива масла. Привод гомогенизатора осуществляется от электродвигателя 4, который установлен на качающейся подmotorной плите 3, укрепленной на корпусе кривошипно-шатунного механизма 1. Натяжение клиновых ремней обеспечивается с помощью натяжных винтов 5.

Кривошипно-шатунный механизм крепится при помощи шпилек к станине 13, которая представляет собой сварную конструкцию, облицованную листовой сталью. На станине имеется съемная крышка 17, предназначенная для ограждения вращающихся и перемещающихся механизмов. В нижней части станины 13 установлена клеммная коробка 18.

Станина устанавливается на четырех регулируемых по высоте опорах 19. К корпусу кривошипно-шатунного механизма при помощи двух шпилек крепится плунжерный блок 9, который предназначен для всасывания продукта из бункера и нагнетания его под высоким давлением в гомогенизирующее устройство 8. Плунжерный блок 9 состоит из блока, плунжеров 6, полых цилиндрических стаканов с отверстиями в стенках. Всасывающие клапаны и уплотнения отсутствуют, в рабочие камеры плунжерного блока продукт непосредственно из бункера засасывается через полые цилиндрические стаканы.

Уплотнение плунжеров, учитывая малую текучесть расплавленной сырной массы, достигается путем точного изготовления с небольшими допусками сопряженных поверхностей плунжеров и отверстий стаканов.

К плунжерному блоку при помощи шпилек крепится гомогенизирующее устройство, предназначенное для осуществления гомогенизации продукта за счет прохода его с большой скоростью под высоким давлением через щель между клапаном и седлом.

Гомогенизирующее устройство 8 состоит из корпуса, прокладок, нагнетательных клапанов, седел клапанов, пружин, гомогенизирующего клапана с седлом, стакана, рукоятки.

Для контроля давления гомогенизации служит манометр, который крепится к торцу корпуса гомогенизирующего устройства. Сверху на гомогенизирующем устройстве расположен предохранительный клапан 7, предназначенный для ограничения повышения давления выше заданного. Он состоит из стакана, фланца, клапана, седла клапана, пружины, нажимного винта и колпака. Предохранительный клапан регулируется на рабочее давление гомогенизации с помощью винта.

Продукт, подлежащий гомогенизации, подается в бункер гомогенизатора, представляющий собой сварную емкость из нержавеющей стали.

При возвратно-поступательном перемещении плунжеров в рабочей полости плунжерного блока создается разрежение и продукт из бункера засасывается в рабочую полость, а затем плунжеры выталкивают продукт в гомогенизирующее устройство, где он под давлением 20 МПа с большой скоростью проходит через кольцевой зазор, образующийся между притертыми поверхностями гомогенизирующего клапана и его седлом. При этом продукт становится более однородным. Из гомогенизирующего устройства через патрубок он направляется по трубопроводу на дальнейшую обработку. На гомогенизаторе установлен амперметр, с помощью которого контролируются показания манометра.

Техническая характеристика гомогенизатора А1-ОГ2-С приведена в табл. 9.10.

**Инженерные расчеты.** Производительность плунжерного гомогенизатора  $\Pi$  (м<sup>3</sup>/с)

$$\Pi = 0,25D^2 S \omega z \eta_n,$$

где  $D$  и  $S$  — диаметр и ход плунжера, м;  $\omega$  — угловая скорость вращения коленчатого вала, рад/с;  $z$  — количество плунжеров, шт.;  $\eta_n$  — КПД насоса.

Мощность электродвигателя гомогенизатора  $N$  (кВт)

$$N = \Pi p / (3600 \eta),$$

где  $p$  — давление гомогенизации, Па;  $\eta$  — КПД гомогенизатора.

Толщина тарелки клапана  $h_{кл}$  (м)

$$h_{кл} = 0,43 d_{кл} \sqrt{p / [\sigma]},$$

где  $p$  — давление гомогенизации, Па;  $[\sigma]$  — допускаемое напряжение для материала клапана, Па;  $d_{кл}$  — диаметр клапана, м,

$$d_{кл} = \sqrt{1,27(\Delta F + \Pi / 6v_d z)},$$

здесь  $v_d$  — допускаемая скорость жидкости в седле, м/с (для всасывающего клапана — 2, для нагнетательного — 5...8);  $\Delta F$  — площадь сечения хвостовика, м<sup>2</sup>.

При гомогенизации часть механической энергии превращается в теплоту, вследствие чего происходит повышение температуры гомогенизируемого продукта  $\Delta t$  (К)

$$\Delta t = p / (c\rho),$$

где  $p$  — давление гомогенизации, Па;  $c$  — удельная теплоемкость молока, Дж/(кг·К);  $\rho$  — плотность молока, кг/м<sup>3</sup>.

Средний диаметр жировых шариков ( $m$ ) в диапазоне изменения давления от 2,0 до 20,0 МПа определяется по формуле Н.В. Барановского:

$$d_{cp} = 3,8 \cdot 10^6 / \sqrt{p},$$

где  $p$  — давление гомогенизации, МПа.

Расчет предохранительных клапанов можно свести к определению проходного сечения седла клапана с учетом вязкости обрабатываемой жидкости. Для маловязких жидкостей (молоко, соки) диаметр  $D_c$  (м) проходного сечения седла определяют по формуле

$$D_c = \sqrt{\Pi} / \sqrt[4]{(p - p_v) / \delta_v},$$

где  $p_v$  — давление всасывания, МПа;  $\delta_v$  — отношение массы перекачиваемой жидкости к массе воды.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Особенности процесса измельчения продукта в зависимости от его свойств определяют классификацию машин для измельчения пищевого сырья, устройство и принцип действия их основных типов.*

*2. Механизм и способы измельчения пищевых сред исключительно разнообразны, их сравнение, анализ, совмещение могут привести к созданию принципиально новых машин.*

*3. Факторы, влияющие на производительность и энергоемкость процесса, в значительной степени определяют основные направления совершенствования конструкций измельчающих машин.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие способы измельчения пищевых сред Вы знаете?
2. Какова классификация видов дробления материалов в зависимости от степени измельчения?
3. Что называется степенью измельчения?
4. Под действием каких сил осуществляется измельчение?
5. На что затрачивается работа, расходуемая на дробление материала?
6. Как классифицируются измельчающие машины? Какова краткая характеристика каждого типа машины?
7. В каких отраслях пищевой промышленности используются дробилки?
8. Какие виды напряжений возникают в молотке дробилки в процессе измельчения?
9. Каково основное условие, устраняющее передачу ударных импульсов от молотков на вал и подшипники дробилки?
10. Как в молотковых дробилках регулируется степень измельчения материала?
11. Каково значение и устройство системы охлаждения валцов?
12. Каковы основные параметры поверхности валцов?
13. Каковы особенности посадки и съема подшипников?
14. Как очищается поверхность валцов в процессе работы?
15. Какова схема привода валцов и механизма подачи продукта?
16. Каким образом определяется условие захвата частицы в плющильной установке?
17. Как регулируются параметры процесса в плющильной установке?
18. Как устроен и работает плунжерный гомогенизатор?
19. От каких факторов зависит степень гомогенизации?
20. Как регулируется производительность гомогенизатора?

## Глава 10

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОРТИРОВАНИЯ И ОБОГАЩЕНИЯ СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Процесс сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевых сред осуществляется в отсевах ситовечных и вымольных машин, виброцентрифугалов, деташеров, энталейторов и дробильно-сортировочных машин и т.д. В главе даны не только конструктивные решения реализации этого процесса, но и приведены основные факторы, влияющие на его эффективность.

#### 10.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СОРТИРОВАНИЯ И ОБОГАЩЕНИЯ СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Сепарирование разнородных по размерам компонентов осуществляется на основных рабочих органах отсева — плоских ситах из различных материалов с отверстиями соответствующих размеров и форм. Каждое сито делит исходный продукт на две фракции: сходовую (крупную) и проходovou (мелкую).

При круговом поступательном движении отсева процесс ситового сепарирования состоит из двух одновременно протекающих стадий: самосортирования (расслоения) и просеивания. При самосортировании тяжелые и мелкие частицы осаждаются в нижние слои, а крупные и легкие — концентрируются в верхних. Чем быстрее мелкие проходové частицы опустятся вниз и войдут в контакт с ситом, тем эффективнее осуществляется процесс просеивания, т.е. прохождение через отверстия сита.

Сравнительная значимость процессов самосортирования и просеивания определяется в основном соотношением сходовой и проходовой фракций. При наличии относительно малого количества проходовой фракции (например, в отсевах первых драных систем) эффективность зависит от ее факторов: физико-механических свойств частиц смеси, температуры и влажности исходного продукта, соотношения компонентов различной крупности, удельной нагрузки на сито (толщина слоя), материала и качества изготовления сита, размеров и формы его отверстий, конструкции отсева, условий транспортирования смеси, кинематических параметров, способа очистки сит, аспирации и др.

Технологическую эффективность сортирования в отсевах оценивают следующими показателями:

$Q_0$  — нагрузкой (производительностью), т. е. массой исходной смеси, поступающей в машину в единицу времени;

$\xi$  — коэффициентом недосева, т. е. относительным содержанием мелких, проходových фракций в продуктах, полученных сходом с сита;

$\eta$  — коэффициентом извлечения, т. е. отношением количества извлеченного продукта к количеству того же продукта, содержащегося в исходной смеси.

Недосев характеризует неоднородность фракций, полученных после прохождения через рассев, а коэффициент извлечения показывает, какую часть количества данной фракции удастся выделить из исходной смеси.

При рассмотрении работы одного сита, т. е. при разделении исходной смеси на сход и проход, состав исходной смеси можно охарактеризовать относительным содержанием проходовой фракции  $\delta$  (%)

$$\delta = (M_0/Q_0) \cdot 100,$$

где  $M_0$  — масса проходовой фракции, кг;  $Q_0$  — масса исходной смеси, кг.

Если при просеивании получено  $M$  (кг) проходовой фракции и  $G$  сходовой фракции, то коэффициент извлечения (%) можно выразить так:

$$\eta = (M/M_0) \cdot 100,$$

а коэффициент недосева

$$\xi = (M_0 - M)/G = (M_0 - M)/(Q_0 - M).$$

Взаимосвязь коэффициента извлечения с коэффициентом недосева при данном составе исходной смеси определяется уравнениями:

$$\xi = (1 - M)/(\delta^{-1} - \eta) \quad \text{и} \quad \eta = (1 - \xi/\delta)/(1 - \xi).$$

Четкость сепарирования на ситах отсева в значительной степени зависит от granulometric composition исходной смеси и ее физико-механических свойств, удельной нагрузки, размеров ситового канала (площади, отношения длины к ширине, кинематических параметров, частоты и радиуса траектории круговых колебаний), размеров отверстий сита, материала нитей и живого сечения единицы площади сита, способа очистки сит и перемещения продукта по ситам.

При большом содержании проходовой фракции в исходной смеси (например, при контроле муки) общая эффективность сепарирования зависит от процесса просеивания. Для его интенсификации необходимы определенные толщина слоя продукта на сите и кинематические параметры, при которых достигается оптимальная скорость нижнего слоя по ситам.

При незначительном содержании проходовой фракции в исходной смеси (например, на I драной системе) общая эффективность сепарирования зависит от процесса самосортирования, интенсивность которого возрастает с уменьшением толщины слоя продукта и частоты колебаний при соответствующем увеличении радиуса траекторий круговых колебаний.

При среднем содержании проходовой фракции в исходной смеси общая эффективность сепарирования в начале сита зависит от процесса просеивания (если при поступлении исходной смеси на сито проходовая фракция равномерно распределена по толщине слоя), а в конце сита — от процесса самосортирования.

Интенсивность просеивания при увеличении толщины слоя вначале повышается, достигая максимального значения при некоторой критической толщине. Дальнейшее увеличение высоты слоя ведет к уменьшению интенсивности просеивания.



Размеры сит и ситовых каналов в значительной мере предопределяют эффективность работы отсева. Для любой заданной площади просеивающей поверхности существует оптимальное отношение длины сита к его ширине, при котором достигается минимальная скорость подачи и максимальная эффективность сортирования. Так, для большинства промежуточных продуктов размола зерна при площади сит  $0,25 \dots 0,34 \text{ м}^2$  оптимальным является отношение длины сита к ширине, равное двум. При проектировании отсева оптимальную толщину слоя на всех ситах получают путем параллельного и последовательного соединения сит.

## 10.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование для сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевых сред включает отсева, ситовые машины, энтолейторы, деташеры, виброцентрифугалы, вымольные и дробильно-сортировочные машины (рис. 10.1). Общим для этого вида оборудования является использование в качестве основного рабочего органа перфорированных поверхностей — сит.

В результате поэтапного измельчения зерна образуется смесь частиц, различных по размерам, форме и плотности. Промежуточные продукты размола зерна по размерам сортируются в отсевах. Основная часть отсева — ситовые корпуса, состоящие из уложенных друг на друга деревянных рам с натянутыми горизонтальными ситами.

Ситовые корпуса совершают круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости. Продукты измельчения, перемещаясь по ситам отсева, переходят сверху вниз с рамы на раму и постепенно просеиваются, разделяясь на несколько фракций, отличающихся крупностью частиц.

По принципу уравнивания поступательно движущихся масс и по способу подвески балансиров отсева подразделяют на приводы:

кривошипные, в которых вал балансиров вращается в неподвижных подшипниках станины;

самобалансирующиеся с жестким приводным валом — вал балансиров жестко соединен с веретеном, подвешенным с помощью сферического и упорного подшипников к перекрытию;

самобалансирующиеся с инерционным приводом — вал балансиров опирается на подшипник в главной раме.

При движении отсева силы инерции  $P_k$  главной рамы и укрепленных на ней ситовых корпусов уравниваются центробежными силами инерции  $P_c$  вращающихся грузов. В нормальных условиях эксплуатации горизонтальные реакции подвесок и веретена практически взаимно уравниваются.

По числу ситовых корпусов отсева подразделяют на однокорпусные, двухкорпусные и многокорпусные, по исполнению — на пакетные и шкафные.

В пакетных отсевах корпуса собраны из ситовых рам, уложенных друг на друга и стянутых в вертикальной плоскости стяжными болтами.

В шкафных отсевах ситовые рамы вдвигают по направляющим в ситовой корпусе, как ящики в шкаф.



### 10.3. РАССЕВ

В самобалансирующемся рассеве ЗРЩ4-4М (рис. 10.2) корпус рассева четырехприемный, выполнен в виде шкафа и подвешен с помощью кронштейнов 2 на четырех подвесках 9 из стального троса к специальной раме потолочного перекрытия. Концы подвесок с помощью клиньев крепят в замках 11, установленных на несущих балках 10 корпуса рассева.

Над корпусом рассева установлены на штангах 3 приемные устройства 4. Штанги крепят к потолочной раме с помощью державок 1.

Под корпусом на полу установлен блок патрубков 16 и 17. Патрубки 18 приемного устройства и напольные патрубки соединяются с патрубками корпуса матерчатymi рукавами 19 и 15, которые крепят на патрубках резиновыми кольцами.

Ситовые корпуса приводятся в круговое поступательное движение от электродвигателя 5, закрепленного на кронштейне 8, и дебалансного колебателя 7 с балансирами 6. Они закрыты ограждением 14. Корпус имеет несущую раму 13.

Шкаф рассева (рис. 10.3) состоит из несущей рамы 12, к которой крепят четыре секции 7, днище 14, крышку 2, обшивку. Рама, днище, крышка, каркасы секций рассева снаружи закрыты дверями 8, а сзади — перепускными коробками 6, 11, 13 и стенками 10. На направляющих в секциях установлены по 18 ситовых рам 5 с поддонами 4. В ячейках рам размещены очистители 3.

Над каждой секцией на крыше шкафа расположены питатели 1. На боковинах шкафа закреплены балки. Внизу со стороны дверей также имеются балки 9, увеличивающие прочность шкафа и одновременно служащие опорами для дверей. На дне корпуса установлены транспортирующие коробки и выпускные патрубки. Рама шка-

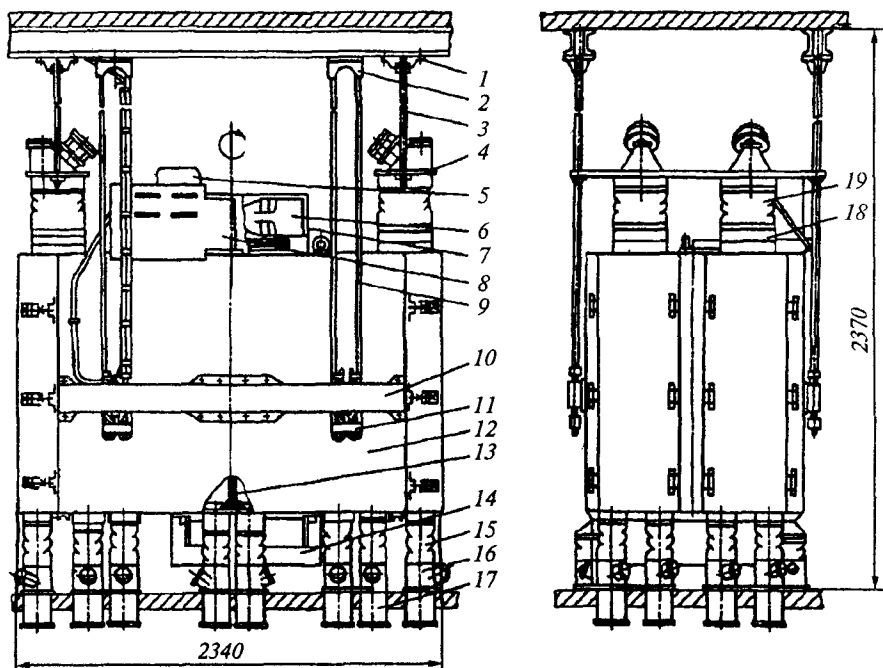


Рис. 10.2. Рассев ЗРЩ4-4М

фа сварная, состоит из стальной трубы с фланцами под корпуса подшипников балансирующего механизма и четырех перегородок, к которым крепят крышку, днище, каркасы секций, обшивку.

Каркас секции представляет собой две панели, соединенные между собой связями. Каждая панель состоит из двух стоек, к которым привернуты направляющие для рам. К стойкам приклепаны стальные уголки и лапки для обеспечения прочного крепления секции в шкафу.

В стойках установлены также по две деревянные заглушки, которые совместно с перекрышей, располагаемой между двумя стойками, позволяют перекрывать боковой канал секции. В зависимости от исполнения панели число перекрыш в панели может быть одна, две или их может не быть.

Ситовые рамы изготавливают из деревянных брусков. Рама брусками разделена на четыре ячейки. В них вставляют вкладыши, представляющие собой коробку с перфорированным дном. Боковины коробки не имеют отверстий и служат для защиты деревянных частей рамы от износа их очистителями. Вкладыши лапками вставляются в прорези поперечных брусков рамы. Очистители сит вставляют во вкладыши перед набивкой сит на мукомольном предприятии.

Поддоны ситовых рам сделаны в двух исполнениях: односкатные и двускатные. Односкатные поддоны имеют боковые окна с одной стороны, двускатные — с обеих. На нижней плоскости поддона закреплены угольники, служащие для фиксации поддона в секции шкафа, для выемки поддона с рамой из секции, а также для придания ему необходимой жесткости.

Дверь отсева состоит из корпуса, каркаса, перепускных коробок, стенок, перегородок, двух выпускных патрубков и прокладок, уплотняющих стыки элементов двери, между дверью и секцией шкафа. Корпус двери коробчатой формы выполнен из

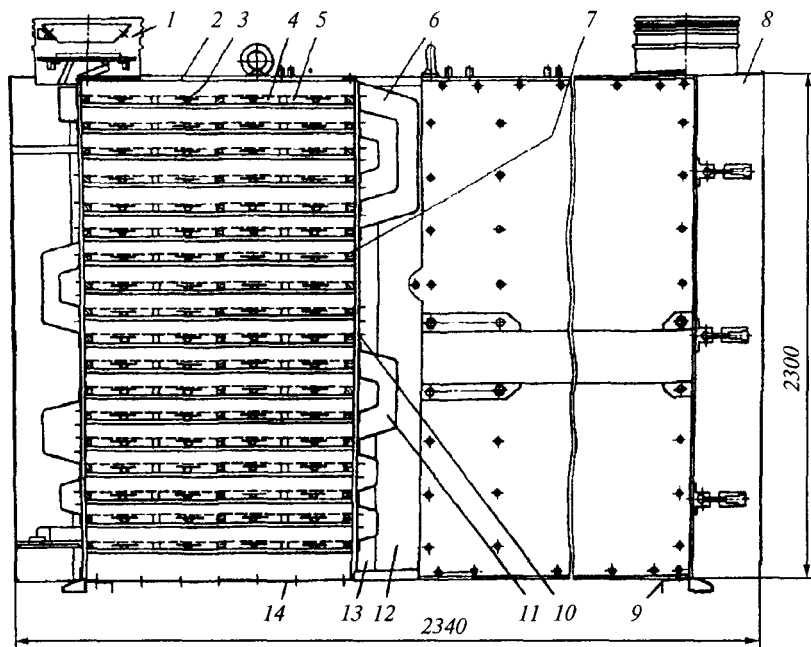


Рис. 10.3. Шкаф отсева ЗРШ4-4М

листового алюминиевого сплава. На боковинах каркаса установлены кронштейны для навешивания двери и осуществления поджатия ее к секции шкафа. На верхней стенке сделано полукруглое отверстие, окантованное уголком и прокладкой, предназначенное для обеспечения плотного прилегания двери к питателю, расположенному на крыше шкафа. Снизу имеются два выпускных отверстия.

Каркас служит для придания двери большей жесткости и крепления на ней съемных элементов двери. Каркас представляет собой раму, выполненную из уголка и трех поясов из швеллеров.

Наборы перепускных коробок и стенок, устанавливаемые в дверях, соответствуют определенным функциональным схемам. Они служат для формирования потоков различных фракций продукта, получающихся в результате просеивания на ситах в отсеке. Коробки и стенки любой двери взаимозаменяемы и могут быть установлены в качестве перепускных коробок и стенок внутри секции. Для уменьшения массы отсека большинство деталей дверей, каркасов, обшивки шкафа выполнены из алюминиевых сплавов.

Привод корпуса отсека осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу, изменение частоты колебаний ситового корпуса — установкой сменного шкива соответствующего диаметра. В комплекте отсека имеется два приводных шкива: с расчетными диаметрами 145 и 160 мм. Шкив диаметром 145 мм установлен на отсеке, а шкив диаметром 160 мм находится в ящике с запасными частями. Натяжение ремней осуществляется перемещением электродвигателя по пазам кронштейна с помощью натяжных болтов. Устройство *дебалансного колебателя* показано на рис. 10.4. Он состоит из балансира 1, грузов 2 и 3, шкива 4, верхнего 5 и нижнего 7 подшипников и вала 6.

Питатели, установленные на крыше шкафа, служат для равномерного распределения исходного продукта на три ситовые рамы и состоят из штуцера, закрепленного на нем конуса и диска с тарелкой. На диске сделано 12 отверстий для прохода продукта. С помощью скатов, расположенных на штуцере, площадь отверстий, а следовательно, и поступающий продукт делятся на три равные части.

Приемное устройство предназначено для подачи в корпус отсека продуктов размола зерна и аспирации. Оно состоит из рамы, двух приемных коробок и патрубков.

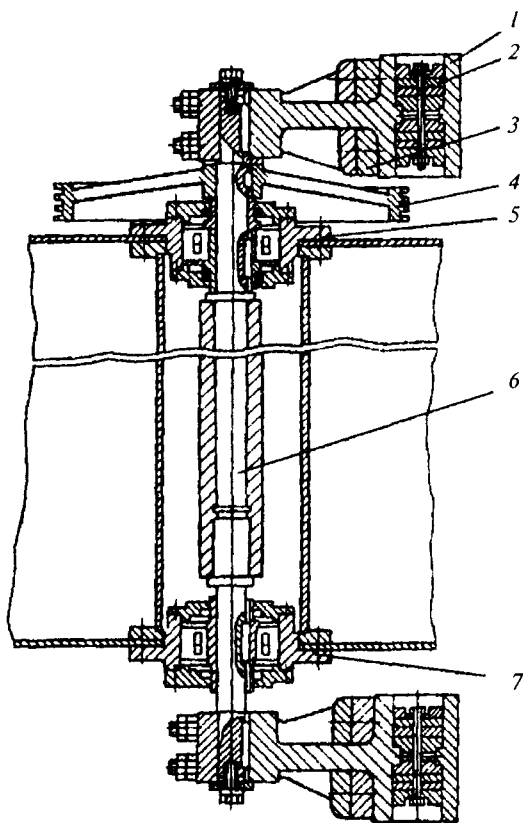


Рис. 10.4. Дебалансный колебатель

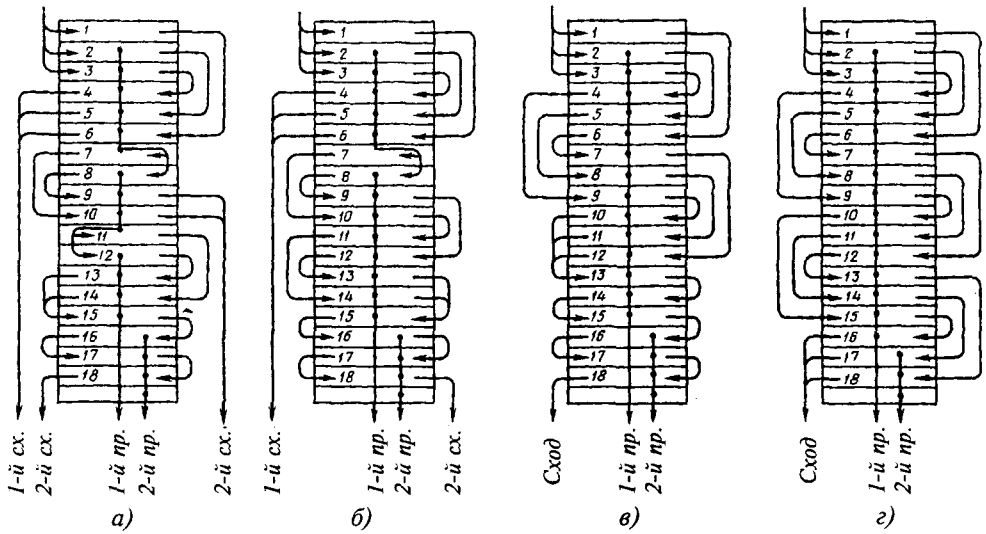


Рис. 10.5. Технологические схемы процесса в рассеве ЗРШ4-4М:  
а — схема № 1; б — схема № 2; в — схема № 3; г — схема № 4

Исходный продукт из приемных коробок попадает в питатели, которые распределяют его на три потока, каждый из которых поступает на ситовую раму. При движении продукта по ситам, совершающим круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости, происходит сортирование продукта по размерам частиц. Движение продуктов, получаемых в результате сортирования, обусловлено технологической схемой. Фракции продукта выводятся из корпуса через выпускные патрубки.

Секция рассева может быть изготовлена по одной из четырех технологических схем (рис. 10.5), обеспечивающих сортирование всех промежуточных продуктов при сортовом и обойном помолах:

схема № 1 для I...IV драных крупных, 1-й и 2-й шлифовочных систем предусматривает две проходовые и три сходовые фракции;

схема № 2 для IV драной мелкой, VI драной, сортировочной, 4...10-й размольных, вымольной, сходовой, 3-й, 4-й шлифовочных систем предусматривает две проходовые и две сходовые фракции;

схема № 3 для 1...3-й размольных систем и контроля муки предусматривает две проходовые и одну сходовую фракции;

схема № 4 для обойного помола предусматривает две проходовые и одну сходовую фракции.

В зависимости от порядка расположения секций определенных технологических схем рассевы изготавливают в семи основных исполнениях. Кроме того, по заказу потребителей завод-изготовитель может дополнительно поставить комплект сменных частей, установка которых дает возможность получить требуемое исполнение рассева. Один комплект содержит набор сменных частей на одну секцию.

Во время работы рассева особое внимание следует обратить на равномерную загрузку всех секций, герметичность кузова, отсутствие подсора одной фракции в другую, очистку сит, эффективность аспирации, отсутствие посторонних шумов.

Радиус траектории круговых колебаний в горизонтальной плоскости корпуса рассева изменяют путем снятия или добавления сменных грузов, закрепляемых на балансирах. При этом необходимо, чтобы масса и расположение грузов на верхнем и нижнем балансирах были одинаковыми.

При обслуживании рассева запрещается пускать в работу рассев со снятыми ограждениями, неплотно закрытыми дверями, недостаточно закрепленными балансирами и поврежденными тросовыми подвесками (более 10 % проволочек). Также запрещается останавливать рассев в период разбега, производить снятие или установку балансиров без такелажных приспособлений, выполнять ремонтные работы, очистку движущихся частей до полной остановки рассева, также надевать приводные ремни, находиться на расстоянии менее 0,5 м от корпуса рассева.

Техническая характеристика рассевов типа ЗРШ, РЗ-БРБ и РЗ-БРВ представлена в табл. 10.1.

Таблица 10.1. Техническая характеристика рассевов

Показатель	ЗРШ4-4М	ЗРШ6-4М	РЗ-БРБ	РЗ-БРВ
Средняя удельная нагрузка, кг/(м <sup>2</sup> ·сут)	—	—	1330	1330
Число секций, шт.	4	6	6	4
Число ситовых рамок в секции, шт.	14	14	22	22
Размеры ситовой рамки, мм	400×800	400×800	404×680	404×680
Общая площадь сит рассева, м <sup>2</sup>	18	27	28,2	18,8
Радиус круговых колебаний, мм:				
с продуктом	47	47	37,5	37,5
без продукта	40	40	41	41
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /ч	720...1020	960...1440	—	—
Мощность электродвигателя, кВт	4	4	4	3
Габаритные размеры, мм:				
длина	2340	3090	3730	2770
ширина	1440	2020	1085	1085
высота кузова			2036	2036
высота до приемной доски	2370	2370	2760	2760
Масса, кг	1920	3050	3200	2600

Во время работы рассева ЗРШ4-4М могут возникнуть неисправности. Нагрев корпуса подшипника вызывается отсутствием смазки или попаданием в подшипник пыли и грязи. Необходимо промыть подшипники и заправить их новой смазкой. Разбрызгивание смазки из корпуса подшипника устраняется заменой манжеты или постановкой на место пружины. Подпор рассева продуктом может быть вызван его перегрузкой или недостаточным радиусом круговых колебаний при данной частоте вращения балансира. Неисправность устраняется увеличением радиуса круговых колебаний рассева или доведением нагрузки до величины, соответствующей паспортному значению.

Наличие в сходах большого количества недосева вызывается перегрузкой рассева, износом очистителей, порывом сит, срывом прокладок. Необходимо снизить нагрузку, заменить изношенные очистители. Подсоры в проходных фракциях устраняются заменой порванных сит новыми ситами. Чтобы избежать пыления рас-

сева, необходимо обеспечить плотное прилегание дверей, улучшить аспирацию рассева. Возможен повышенный нагрев электродвигателя, вызванный его перегрузкой или витковым замыканием в обмотке. В этом случае устраняют перегрузку или заменяют электродвигатель.

**Шестиприемный рассев РЗ-БРБ** (рис. 10.6) представляет собой сборную конструкцию шкафного типа и состоит из следующих основных узлов: корпуса 8, дверей 9, приемных 7 и выпускных 10 устройств, балансирного механизма с приводом 2 и кронштейна 4.

Корпус 8 рассева конструктивно объединяет все основные его узлы. Он подвешен к потолочной раме с помощью тростниковых подвесок 5 и кронштейна 4. Приемные патрубки установлены на плите 6, прикрепленной стержнями 1 к раме 3.

Корпус (рис. 10.7) представляет собой стальную несущую конструкцию, в которой смонтированы два каркаса 13 с тремя секциями в каждом. В его состав входят: приемный 1 и выпускной 6 патрубки; короб 4; направляющая 5 для ситовых рам; основание 7; крышка 8 панели 9; петля 11; стенки 12; каркас 13. Между каркасами в центральной части корпуса установлен балансирный механизм 2. Корпус состоит из основания 7, крышек 3 и восьми вертикальных стенок 12. Центральная часть корпуса закрыта панелью 9, в которой имеется съемная крышка 8 для доступа к балансирному механизму.

Панель 9 крепится к основанию, крышке и стенкам корпуса болтами. Основные элементы корпуса соединены между собой с помощью кронштейнов 10 и скреплены болтовыми соединениями. Все угловые соединения закрыты кожухами. Пыленепроницаемость корпуса обеспечивается установкой войлочных прокладок и уплотнительной замазкой.

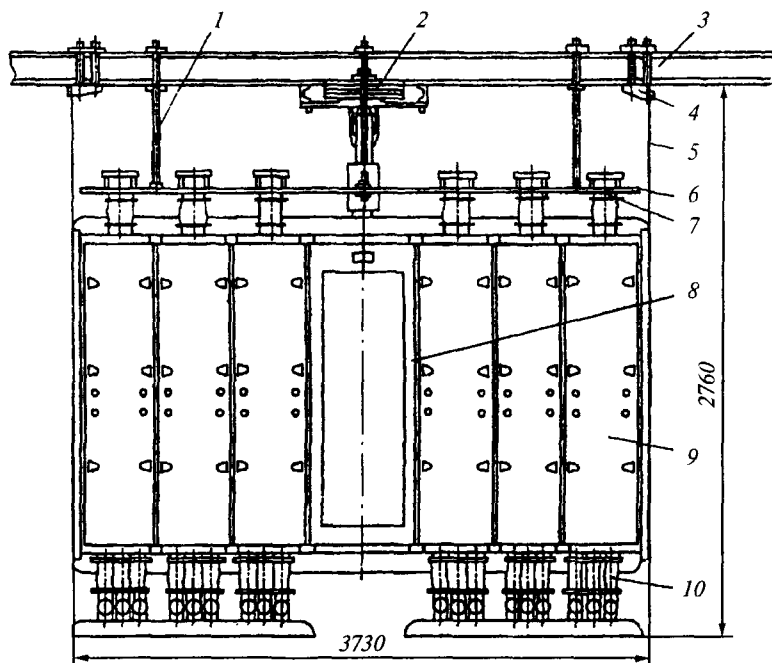


Рис. 10.6. Рассев РЗ-БРБ



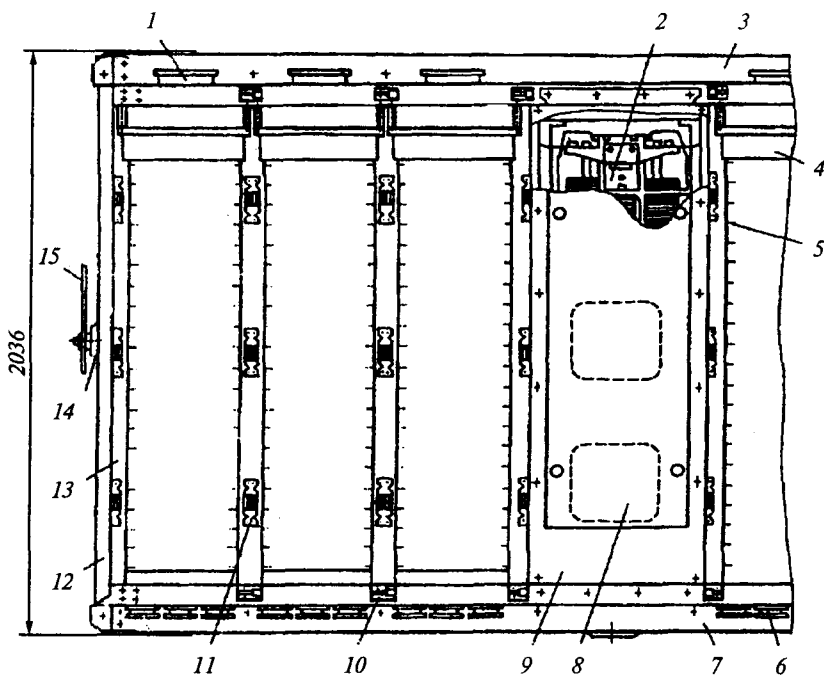


Рис. 10.7. Корпус шестиприемного сита РЗ-БРБ

К внешним стенкам 12 крепятся кронштейны 14 для зажима четырех пакетов гибких подвесок 15. Корпус сита подвешивают к потолочной раме.

Каркас сита представляет собой неразборную деревянную конструкцию с левым и правым исполнениями. Каждый каркас состоит из четырех вертикальных стенок, образующих остов трех секций.

В верхней части стенки соединены между собой распорками, перемычками, планками и разделителем. С обеих торцевых сторон стенок болтами закреплены кронштейны 10 для установки дверей.

Соединение стенок в нижней части каркаса зависит от его технологического назначения, он имеет 24 формы исполнения. Отличие их заключается в конструкции днищ и установке перемычек. В каждой секции к вертикальным брускам с одинаковым шагом шурупами прикреплены направляющие 5 для ситовых рам с поддонами. В зависимости от форм каркасов, лючков и заглушек в днище корпуса и коробов в верхней части каждой секции шестиприемный сит имеет 12 модификаций.

Двери (рис. 10.8) расположены с обеих сторон каждой секции. В них установлены корпуса трех размеров по вертикали. Причем укороченные корпуса дверей расположены со стороны приемки, где стоят двух- и трехприемные короба, а неукороченные — с противоположной стороны. Нижняя часть корпуса двери также имеет различные исполнения, отличающиеся установкой лотков 7, перемычек 10 и заглушек 2, 6, 9. В остальном конструкция дверей одинакова.

Дверь состоит из корпуса 5, который скреплен с панелью 4 болтами и бугелями 3. Они выполняют не только крепежные функции, в них устанавливают ключи-ручки для открывания и закрывания дверей. В верхней и нижней частях панели расположены два штыря 1 (для установки дверей в шарниры). Снаружи корпуса установлены кронштейны 8. В них вставлены костыли для фиксации дверей на каркасе.

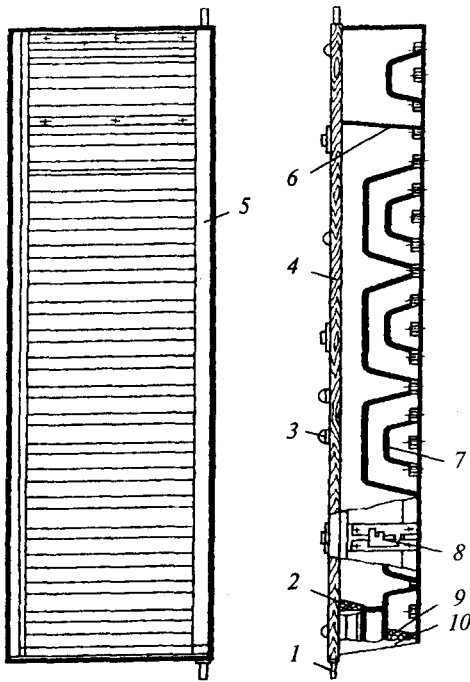


Рис. 10.8. Дверь отсева

Внутренние поверхности каркаса и панели облицованы металлическим листом. Для обеспечения плотного прилегания к каркасу нижний торец двери оклеен кожей, а все поверхности, прилегающие к ситам, — войлоком. Внутри корпуса двери установлены сменные лотки и заглушки. С их помощью в дверях образуются каналы для передачи сходовых фракций с одних сит на другие в соответствии с технологической схемой и для вывода их из отсева. Лотки имеют различные форму и размеры, они выполнены из листового и профильного алюминиевого сплава. В паз, образованный между лотком и профилем, вставлен уплотняющий материал. Заглушки представляют собой деревянную основу, к которой прикреплен алюминиевый лист, а с торцов — уплотняющий материал. Различные сочетания панелей, корпусов, лотков и заглушек дают 52 варианта исполнения дверей.

Ситовые рамы — основные рабочие органы отсева. Они предназначены для разделения продуктов размола по крупности. Рама представляет собой деревянный каркас, состоящий из трех секций. Размеры всех рам одинаковы. Для повышения износостойкости внутренняя поверхность каркаса каждой секции рамы покрыта металлической лентой.

Сверху к каркасу металлическими скобками прикреплено сито, окаймленное по периметру хлопчатобумажной тесьмой.

Для сепарирования всех продуктов (кроме муки) в отсевах применяют металлоканальные сита, а для высеивания муки — синтетические. Сита устанавливают в соответствии с технологической схемой. В комплект отсевов входят 27 типов рам. Кроме ситовых, используют раму, закрытую металлическим листом, — непроходимую. К нижней части рам скобами прикреплено днище из металлотканой сетки с крупными фиксированными отверстиями. Для плотного прилегания рамы к направляющим шкафа на нижние продольные планки приклеивается ворсовая ткань.

Для очистки сита в каждую из трех секций рам помещен инерционный очиститель. Он выполнен из прямоугольной текстильной пластины с махровыми краями и металлической кнопкой в центре. Причем каждый очиститель движется по сетчатому днищу кнопкой вниз, очищая сито махровыми краями. По мере изнашивания площадь пластины постепенно уменьшается. Такой очиститель подлежит замене. Срок службы очистителей на капроновых ситах не менее года, на металлотканых — не менее двух лет.

На верхней части рамы установлен поддон для вышележащей рамы. Поддоны предназначены для сбора и транспортирования проходивших сит на другие рамы в соответствии с технологической схемой. Поддон представляет собой металлическую конструкцию с пластмассовыми ограничителями. К верхней части ограничителей

прикреплены уплотнения из ворсовой ткани. Они способствуют плотному прилеганию поддона к направляющим шкафа. По направляющим уголкам рама продвигается в шкаф вместе с поддоном.

Вертикальные брусья каркаса вместе с рамами и поддонами образуют в секциях шкафа вертикальные каналы для проходных фракций. В зависимости от технологической схемы отсева эти каналы перекрыты по высоте съемными элементами. Все поддоны имеют одинаковые габаритные размеры, но в зависимости от места в схеме отсева различаются по конструктивному исполнению, обеспечивая выход фракции на одну или две стороны.

Приемные устройства (четыре или шесть в зависимости от типа отсева) предназначены для подачи в севы продуктов размола зерна. Их монтируют на неподвижной металлической приемной доске, подвешенной к потолочному креплению. На приемной доске между двумя фланцами, скрепленными стержнями, установлены прозрачные стаканы для визуального контроля наличия продукта. К фланцам стакан сверху и снизу прикреплен хомутами через войлочные прокладки. С нижней стороны приемной доски смонтирован стакан с конической воронкой внутри. На фланец стакана надет матерчатый рукав, соединяющий приемное устройство с приемным патрубком корпуса отсева. Коническая воронка подает продукт на дисковый распределитель с круглыми отверстиями. Он установлен в каждой секции отсева.

Выпускные устройства предназначены для вывода фракций из отсева на последующие технологические операции. Устройство представляет собой напольный поддон с выпускными патрубками. На каждый патрубок надет матерчатый рукав, соединяющий его со шкафом отсева. Для отбора контрольных образцов фракций на патрубках установлены съемные резиновые крышки. Число выпускных патрубков соответствует технологической схеме отсева.

Привод отсева (рис. 10.9) передает вращательное движение от электродвигателя ротору балансирного механизма. Он состоит из электродвигателя 9, смонтированного на раме 10, клиноременной передачи 6 с ведомым 1 и ведущим 7 шкивами, корпуса 13 подшипникового узла, в котором установлен подшипник 4. Для контроля уровня масла в корпусе подшипника установлен уровнемер 2. Две заглушки 5 позволяют заливать и сливать масло. Ремни натягивают двумя натяжными болтами 8.

Вращательное движение передается от вала 3 привода к валу 11 ротора балансирного механизма жесткой эксцентриковой муфтой 12. Привод смонтирован на раме потолочного крепления, установленного на межэтажном перекрытии.

Балансирный механизм (рис. 10.10) передает отсеву круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости. Он состоит из пластины 6, болтов 7 и 17, пружины 8, прокладки 9, поводков 15 и 21, приводного вала 20, вала балансира 22, осей 5 и 10, корпусов подшипников 14 и 23, балансира 19, крышки 2, уровнемеров 1 и 13. Он установлен в центральной части корпуса отсева в верхнем 11 и нижнем 4 подшипниках, которые закреплены болтовыми соединениями соответственно в крышке и его основании. Момент вращения от вала 22 передается балансиру 19 через поводок 15, захват 16 и пружины 8.

Верхний подшипник — верхняя опора ротора. Он состоит из литого чугуна корпуса 14, закрытого крышками сверху и снизу. Нижняя крышка является масляной ванной верхнего подшипника. Масло в подшипник заливают через отверстие уровнемера 13. В верхней части подшипникового узла установлен маслоотражатель 12. Чтобы предотвратить вращение верхнего подшипника в корпусе, он зафиксирован шпонкой. На оси 10 закреплена втулка, которая своим торцом упирается в винт.

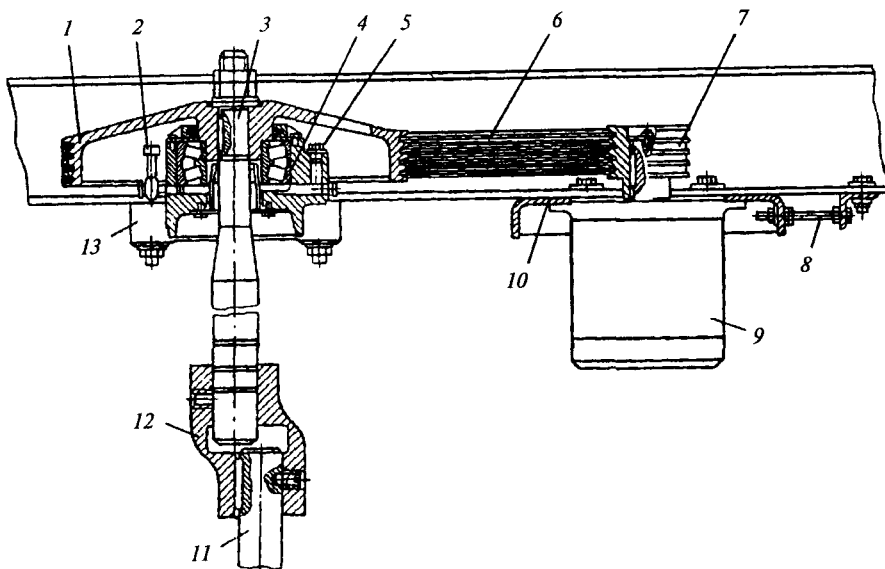


Рис. 10.9. Привод рассева

Нижняя опора ротора — нижний подшипник. Его устройство аналогично верхнему. Отличие заключается только в конструкции оси 5 и нижней крышки 2. В последнюю вмонтирована трубка 3, предназначенная для выравнивания давления. Уровнемер 1 установлен в оси нижнего подшипника и вращается вместе с ней.

Балансир 19 представляет собой чугунную отливку с вертикальными стенками и ребрами, образующими три сектора, которые разделены на горизонтальные секции. В средние секции залит свинец (постоянный груз) — дебаланс, а в верхних и нижних секциях на болтах 17 и шпильках 18 установлены съемные пластины, балансирующие рассев. Они закреплены шайбами и гайками.

**Рассев РЗ-БРВ.** Используют для контроля муки, он имеет следующие основные узлы: корпус с двумя каркасами, восемь дверей, ситовые рамы, приемные и выпускные устройства, балансирующий механизм с приводом. Корпус рассева РЗ-БРВ — стальная несущая конструкция с двумя деревянными каркасами. Состоит из двух центральных и двух боковых стенок, крышки и основания. Боковые стенки с крышкой и основанием образуют два замкнутых силовых пояса.

В центральной части корпуса помещен балансирующий механизм, а справа и слева от него расположены каркасы (шкафы). Каждый из них состоит из двух секций. Корпус подвешен к межэтажному перекрытию с помощью четырех пакетов из морского камыша (по шесть прутьев в каждом). Устройство корпуса, каркасов, основания и крышки и т. д. у рассева РЗ-БРВ идентично рассеву РЗ-БРБ. Различие обусловлено числом секций.

Технологические схемы рассевов показаны на рис. 10.11. В рассевах, установленных на мукомольном заводе производительностью 500 т/сут, используют 21 технологическую схему. По структуре эти схемы можно условно разделить на три типа. Причем 19 схем I и II типов обслуживают основной технологический процесс производства муки в рассевах РЗ-БРБ, а две схемы III типа используют для контроля в рассевах РЗ-БРВ. На рис. 10.11 в качестве примера приведены технологические схемы трех типов: № 1 для I драной системы, № 8 для 1-й размольной системы и № 15 для контроля муки.

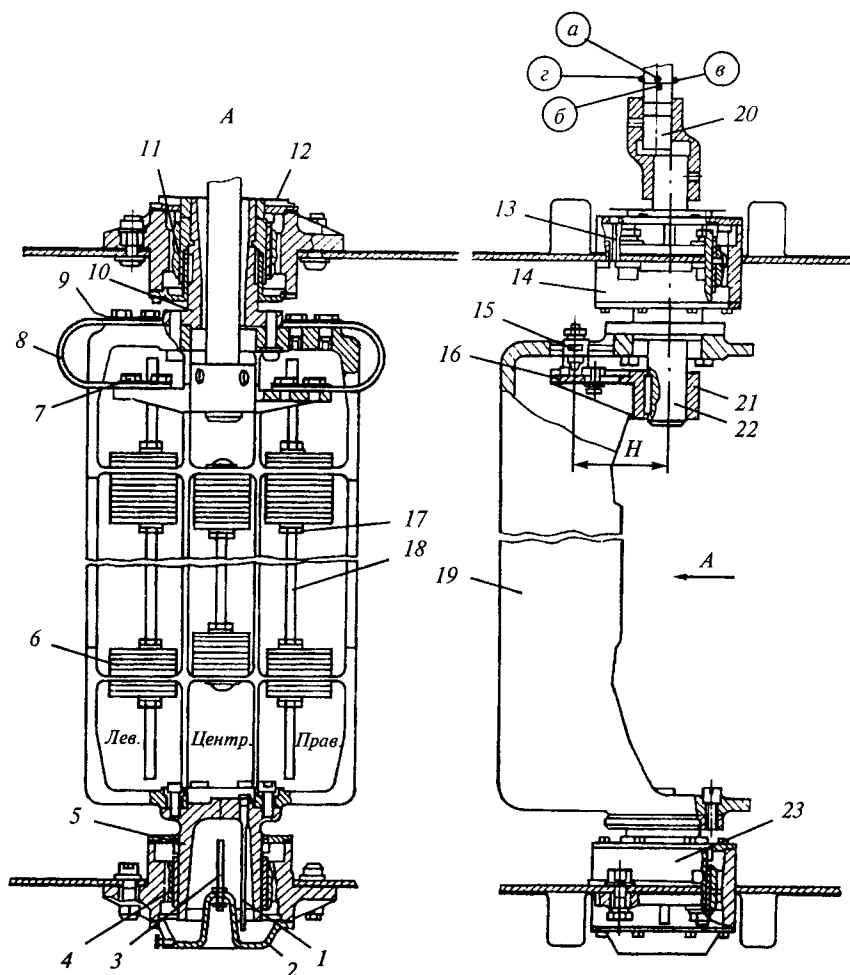


Рис. 10.10. Балансирный механизм

Технологических схем I типа шесть. Они имеют четыре группы сит и предназначены для получения трех-четырех сходовых и одной-двух проходовых фракций. Первая группа в этих схемах включает шесть сит, три из них, как правило, приемные. Схемы такого типа применяют на I, II, III крупных и мелких, IV крупной драных системах и на 4-й размольной системе.

Технологические схемы II типа включают три группы сит, с которых получают две сходовые и две проходовые фракции. Большинство схем этого типа имеют по два приемных сита. Технологических схем II типа всего 13, их используют на IV мелкой драной системе, а также на всех сортировочных, шлифовочных и размольных (кроме 4-й) системах.

Технологических схем III типа всего две. Они содержат две группы сит и предназначены для получения двух проходовых и одной сходовой фракции. В этих схемах по три приемных сита. Структура технологических схем строго соответствует той операции, которую выполняет каждый рассев.

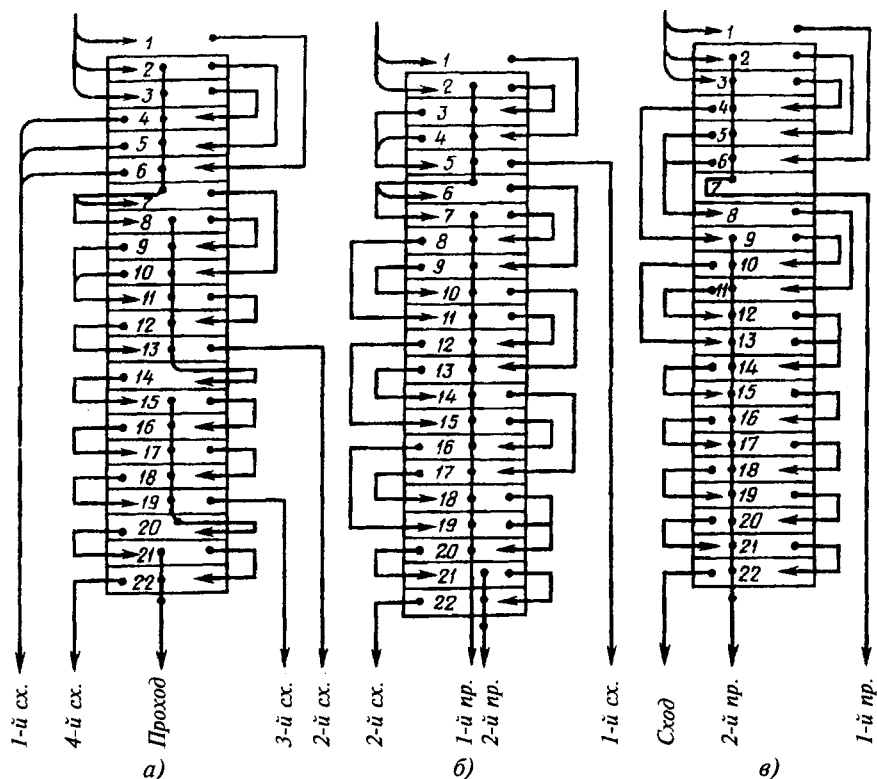


Рис. 10.11. Технологические схемы процессов в рассевах РЗ-БРБ и РЗ-БРВ:  
а — схема № 1, б — схема № 8; в — схема № 15

Все 14 рассевов имеют различные сочетания технологических схем (соответственно форм исполнения). Для мукомольного завода производительностью 500 т/сут рассевы поставляют комплектно. Различия в формах исполнения рассевов по секциям обусловлены специфическими особенностями переработки зерна с различной стекловидностью.

Отличительная особенность рассматриваемых рассевов — шкафная конструкция, которая позволяет значительно снизить трудоемкость сборки и разборки ситового пакета, а также отвечает современным требованиям технической эстетики. Секции рассевов расположены в один ряд и с обеих сторон имеют двери. Возможность обслуживания каждой секции с обеих сторон также, несомненно, является преимуществом этой конструкции. Гибкие подвески из морского камыша предотвращают раскачивание рассевов при резонансе в период пуска и остановки.

Простые и недорогие очистители обеспечивают высокую эффективность очистки сит, не вызывают износа и повреждения ситовой ткани. Сита с фиксированными размерами отверстий обеспечивают высокую четкость сортирования. В широких и сравнительно коротких ситовых рамах осуществляется безгонковое транспортирование продуктов размола в результате естественного подпора, что не нарушает процесса самосортирования. Различные уплотнители обеспечивают герметичность рассева, соответственно отсутствуют пыление и подсоры. Наличие жесткого веретенного привода обеспечивает высокую точность заданной траектории и кинемати-

ческих параметров. Многообразие технологических схем и форм исполнения рассевов позволяет учитывать специфические особенности отдельных этапов переработки и качества сырья.

Производственную балансировку рассевов проводят в следующих случаях. Если в период разгона приводной вал вращается с биением, а в установившемся режиме работает устойчиво, причина биения — неправильная установка конуса поводка ротора. В этом случае передвигают поводок с конусом по пазу, изменяя расстояние до оси вращения — размер  $H$  (см. рис. 10.10).

Если приводной вал в период разгона и на полном ходу вращается спокойно, то нижняя часть его описывает окружность, т. е. имеет радиальное биение. Причина такого явления — неправильное расположение съемных грузов в роторе (несимметричность): перегруз или недогруз. В этом случае ротор балансируют с помощью съемных грузов по следующей методике. Приводной вал покрывают мелом. В рабочем режиме ( $n = 220$  об/мин) касаются вала заостренной, неподвижно установленной деревянной планкой. Если ротор вместе с рассевом отбалансирован правильно, то заостренная планка оставляет на приводном валу окружность. При наличии радиального биения получают риски, соответствующие точкам максимального отклонения приводного вала. Если риска образовалась в положении  $a$ , добавляют груз в левую часть, в положении  $b$  — в правую часть, в положении  $v$  — вынимают груз из центральной части, в положении  $z$  — добавляют груз в центральную часть (см. рис. 10.10).

Траекторию движения корпуса рассева проверяют при каждой балансировке на полном ходу при частоте вращения 220 об/мин. Для этого выбирают два участка на плоскости крышки и днища. Траектории отбалансированного рассева на крышке и днище должны быть одинаковыми (с радиусом 41 мм). Для получения графического изображения траектории движения на выбранные свободные участки крышки и днища прикрепляют листы бумаги. Затем касаются вертикально установленным карандашом каждого листа. Карандаш оставляет на бумаге траекторию движения рассева, близкую к окружности. Время соприкосновения карандаша с бумагой должно соответствовать трем — пяти оборотам рассева. Нарушение круговой траектории устраняют, изменяя положение грузов в вертикальной плоскости.

Если на крышке рассева траектория представляет собой уменьшенную окружность или овал, а на днище — большой круг или овал, то груз ротора перекадывают сверху вниз. В противном случае балансировку проводят в обратном порядке. Заданный диаметр круговой траектории рассева строго выдерживают. Его уменьшение снижает производительность машины и ухудшает севкость. Чтобы определить радиус траектории рассева, три раза измеряют диаметр полученной окружности и делят среднее значение пополам.

Во время эксплуатации рассева особое внимание обращают на равномерность загрузки всех секций; герметичность кузова (ослабление резьбовых соединений и пыление продуктов недопустимо); подсоры одной конечной фракции в другую; состояние всех подвижных узлов и деталей, ситовой поверхности (забиваемость, целостность), подвесок.

В работе рассевов РЗ-БРБ и РЗ-БРВ могут быть неисправности. Пыление продукта размола зерна из выпускных патрубков, дверей и приемных коробок рассева чаще всего возникает при наличии зазора между деревянным каркасом и металлическим корпусом. В этом случае необходимо открыть дверь, тщательно очистить от продукта размола нижнюю внутреннюю полость секции и промазать стыки замазкой У-20А.

Возможными причинами пыления из дверей является уплотнение войлока, плохая очистка прилегающей плоскости двери и каркаса с рамами и поддонами, нарушение целостности уплотняющего войлока, отрыв или загиб кожного язычка на приемной коробке. Для устранения неисправности необходимо перед закрытием двери прилегающие ее плоскости и каркаса с рамами и поддонами тщательно очистить от продукта размола зерна, не нарушая целостности войлока и его приклейки. Расправить или приклеить новый язычок. Конец язычка должен быть прижат закрытой дверью.

Поломка пружины балансира чаще всего происходит по причине невыполнения требования монтажа. В этом случае необходимо заменить пружину, обеспечить горизонтальность и параллельность несущих потолочных балок в пределах одного расцева до 2 мм. При расстыкованной коленчатой муфте обеспечить соосность привода и расцева, вертикальность камышовых подвесок и горизонтальность расцева до 2 мм.

Если перегревается или заклинивает подшипник, то его необходимо заменить. Износ и соскальзывание выпускных рукавов вызываются неточностью установки нижних приемников. Необходимо при расстыкованной коленчатой муфте обеспечить соосность приемных и выпускных патрубков.

**Инженерные расчеты.** Мощность электродвигателя расцева  $N$  (кВт) определяют по уравнению

$$N = 1 / \eta (N_{\text{пр}} + N_{\text{тр}} + N_n) = \\ = 1 / \eta \left[ (Q_{\text{пр}} f_{\text{пр}} \omega \rho / 102) \sqrt{1 - (g f_{\text{пр}} / \omega^2 \rho)^2} - (Q_p \rho D f \omega^3 / 204g) + N_n \right],$$

где  $N_{\text{пр}}$  — мощность, необходимая для преодоления трения продукта о сита и сборные днища, кВт;  $N_{\text{тр}}$  — мощность, необходимая для преодоления трения в нижнем подшипнике приводного механизма, кВт;  $N_n$  — мощность, расходуемая на преодоление трения о воздух, трения в деталях и т.п., кВт;  $\eta$  — КПД передачи от электродвигателя к веретену с учетом потерь в верхнем подшипниковом узле;  $Q_{\text{пр}}$  — масса продукта, кг;  $f_{\text{пр}}$  — средний приведенный коэффициент трения продукта о сита и сборные днища;  $\omega$  — угловая скорость веретена, с<sup>-1</sup>;  $\rho$  — эксцентриситет расцева, м;  $Q_p$  — масса корпуса и рамы, кг;  $f$  — коэффициент трения в нижнем подшипнике;  $D$  — диаметр пальца кривошипа, м.

#### 10.4. СИТОВЕЕЧНЫЕ МАШИНЫ

После сортирования в расцевах получают фракции круподунстых продуктов, однородные по размерам, но в каждой из них содержатся в различных соотношениях частицы эндосперма, оболочек и сростков эндосперма с оболочками, имеющие различную объемную массу

Задачей процесса обогащения, осуществляемого в ситовеечных машинах, является сортирование круподунстых продуктов по качеству для получения однородных по содержанию эндосперма фракций.

В ситовеечные машины поступают практически все круподунстые фракции после расцева драных систем. После обогащения фракции наиболее добротных частиц, которые практически не содержат оболочек, направляют в вальцовые станки размольных систем для получения потоков муки с наименьшей зольностью. Крупки, представляющие собой сростки эндосперма с оболочками, поступают в вальцовые



станки шлифовочных систем, а фракции, содержащие наибольшее количество оболочек, возвращают в вальцовые станки последних драных или сходовых размольных систем. От эффективности процесса обогащения промежуточных продуктов размола зерна существенно зависят выход и качество муки высоких сортов и манной крупы.

Ситовеечные машины относятся к машинам вибропневматического принципа действия. Рабочий процесс ситовеечных машин — просеивание на колеблющихся плоских ситах в условиях восходящего воздушного потока. При совместном воздействии потока воздуха и колебаний сит происходит расслоение (самосортирование) разнородных компонентов смеси. Более тяжелые частицы, состоящие в основном из эндосперма, опускаются вниз к ситам и просеиваются. Более легкие частицы (сростки эндосперма с оболочками) располагаются в верхних слоях и сходят с сита. Самые легкие частицы оболочек уносятся потоком воздуха. Чем выше содержание эндосперма в продуктах размола, тем ниже их зольность, и наоборот.

Работа ситовеечной машины считается эффективной, если зольность верхнего схода в 2...3 раза выше зольности исходного продукта, а зольность нижнего схода в 1,5...2,0 раза ниже зольности верхнего схода. В результате обогащения степень снижения зольности проходовой (обогащенной) фракции составляет для крупной крупы 40...50 %, средней — 30...40, мелкой — 20...25 и дунстов — 10...15 %.

На эффективность процесса обогащения в ситовеечной машине влияют следующие факторы: гранулометрический состав исходного продукта (крупность и однородность), удельная нагрузка, скорость воздуха, равномерность распределения продукта по ситам и стабильность слоя, кинематические параметры и наклон сил, правильность подбора нумерации сит.

Влияние гранулометрического состава исходного продукта на эффективность обогащения характеризуется двумя показателями: крупностью частиц и однородностью, т.е. выравненностью по размерам. Чем крупнее частицы, тем выше эффективность обогащения за счет больших различий показателей объемной массы частиц эндосперма, сростков и оболочек. Чем мельче частицы, тем труднее их разделить в виброкипящем слое. Однако удаление даже небольшого количества оболочек и выскозольных сростков повышает качество муки.

Однородность, выравненность частиц по размерам повышают эффективность обогащения. Если в смеси содержатся одновременно частицы различных размеров соответственно разными скоростями витания, то воздушный поток может вместе с крупными оболочками унести мелкие частицы эндосперма. При снижении скорости воздуха частицы оболочек пройдут через сито вместе с частицами эндосперма.

Для каждой обогащаемой фракции с учетом крупности и зольности устанавливается соответствующий воздушный режим, отклонение от которого приводит к снижению эффективности. Равномерность распределения продукта по ситам и стабильность слоя обеспечивают наряду с другими факторами оптимальные условия самосортирования компонентов смеси. При оголении отдельных участков сита воздух беспрепятственно уходит через них, снижается эффективность самосортирования и соответственно обогащения.

На результаты сортирования в ситовеечных машинах существенно влияют кинематические параметры ситового корпуса и угол направления колебаний. Частота колебаний ситового корпуса машины А1-БСО изменяется в пределах 480...525 кол/мин, а амплитуда — 4,5...6,5 мм. Оптимальные сочетания кинематических параметров неодинаковы для различных по качеству и крупности смесей. С уменьшением угла наклона сит замедляется скорость движения частиц, снижается производительность, но возрастает количество просеивающихся частиц. Обычно угол наклона сит составляет 1...1,5° к горизонтали.

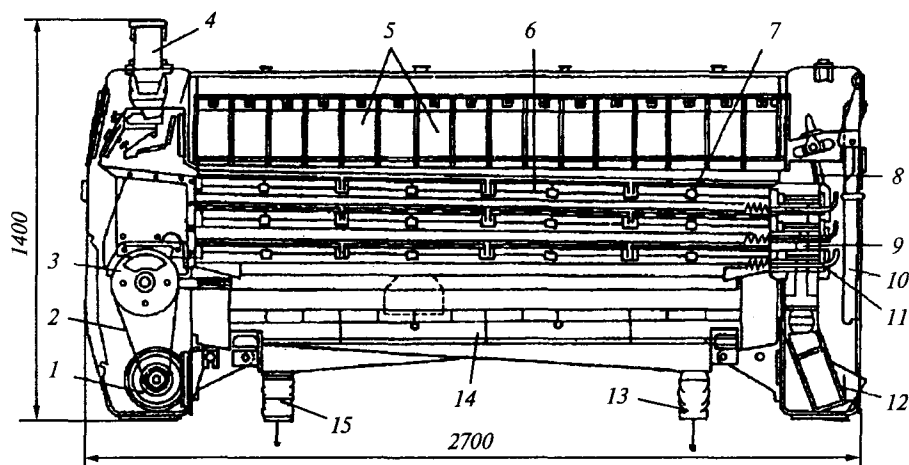


Рис. 10.12. Ситовая машина А1-БСО

В ситовых машинах предусмотрена возможность изменения угла направления колебаний в пределах  $5...15^\circ$  к горизонтали. При прочих равных условиях увеличение этого угла повышает скорость транспортирования продукта по ситам.

**Ситовая машина А1-БСО** (рис. 10.12) предназначена для сортирования по качеству двух параллельных потоков круп и дунстов. Она имеет два ситовых корпуса 6, сдвоенный кузов-сборник 14, две аспирационные камеры 5, две приемные коробки 4, две камеры сходов 9, станину 10, электродвигатель 1, плоскоремennую передачу 2 и колебатель 3. Ситовые корпуса соединены кронштейнами и подвешены к станине на трех подвесках 8: спереди — на двух, сзади — на одной, расположенной посередине ситового корпуса.

Конструкция подвесок представлена на рис. 10.13. Угол наклона подвесок к вертикальной плоскости регулируют ослаблением гаек и перемещением осей 1 в пазах кронштейнов в пределах  $5...15^\circ$ . На задней подвеске установлена пружина сжатия 2. Она настроена на заводе-изготовителе, поэтому регулировать ее в процессе эксплуатации не рекомендуется.

В корпусе размещены один над другим три яруса ситовых рам, в каждом по четыре рамы. Все три яруса имеют различные углы наклона к горизонтальной плоскости. Ситовые рамы сварной конструкции изготовлены из алюминиевого профиля. Сито к рамам прикрепляют зацепами. Они входят в зацепление с зубцами профилей рам.

Сита очищают инерционными щетками 7 (см. рис. 10.12). Каждая щетка имеет два ряда пучков, волос которых направлен в противоположные стороны. В рабочем положении щетка одним рядом пучков упирается в сито и под действием сил инерции при колебаниях ситового корпуса может перемещаться только в сторону пучков, не касающихся сита. Одновременно ползуны щетки скользят по направляющим, установленным в рамах. При соприкосновении с упором щетка переключается (опрокидывается) и начинает перемещаться в противоположном направлении.

Для каждого яруса ситовых рам в корпусе сделан фиксирующий зажим 11. При повороте подпружиненной ручки зажима на  $90^\circ$  в ту или другую сторону ситовые рамы освобождаются и их можно вынуть из корпуса. Внизу в каждой половине ситового корпуса закреплена распределительная коробочка, снабженная клапаном 12. Она служит для вывода сходовых фракций со всех ярусов сит.

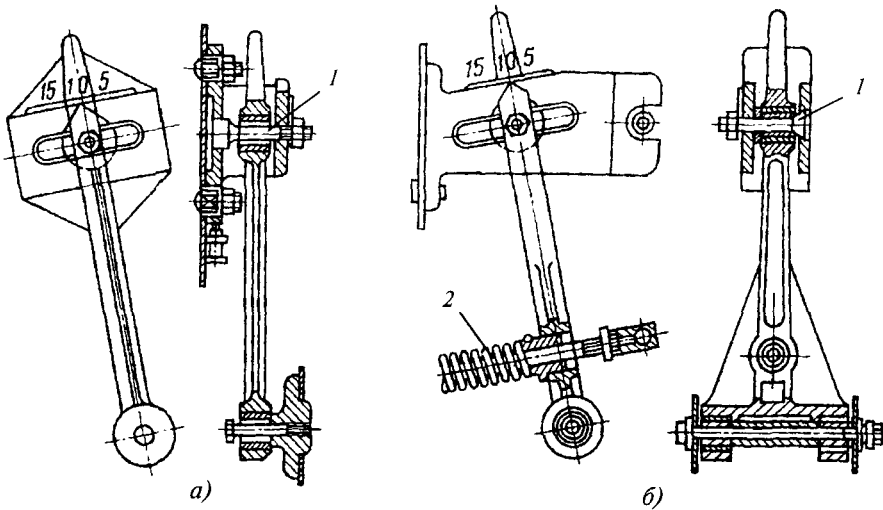


Рис. 10.13. Подвески:  
 а — передняя; б — задняя

Сборник предназначен для сбора и вывода из машины проходовых фракций продукта нижних ярусов сит. Он установлен стальными салазками на опоры, прикрепленные к станине. Сборник состоит из двух жестко соединенных между собой корпусов, выполненных из листового алюминия и алюминиевого профиля. Внизу каждого корпуса расположено по два лотка с выпускными патрубками 13 и 15 для вывода проходовых фракций.

Над лотками по длине сборника установлены два ряда клапанов 12. Поворачивая их вокруг оси в ту или другую сторону до упора, проходовую фракцию продукта с определенного участка ситовой поверхности нижнего яруса направляют в любой из лотков.

Величину щели в каждой приемной коробке между клапаном и скатом регулируют винтом. Клапан на отгибе имеет планку с пазами, с помощью которых ее устанавливают параллельно днищу коробки. По бокам клапана прикреплены еще две планки с пазами, которые служат для регулирования зазора между боковыми стенками приемной коробки и клапаном.

Для обслуживания каждой приемной коробки на станине машины находятся съемные фортки, изготовленные из органического стекла. На торцевых стенах станины, примыкающих к аспирационным камерам, расположены четыре клапана с винтами. Они предназначены для дополнительного регулирования аспирационного режима машины. Станина цельнометаллической сварной конструкции изготовлена из гнутого профиля. Это обеспечивает ее достаточную прочность.

В приводе ситового корпуса и сборника возвратно-поступательное движение осуществляется от эксцентрикового колебателя (рис. 10.14). Он состоит из двух подшипников 3, корпуса которых закреплены болтами 6 к переднему кронштейну ситового корпуса. На подшипники опирается вал 8, на котором с помощью шпонки закреплен эксцентрик 7. Последний помещен в корпусе 4 с радиальным шарикоподшипником.

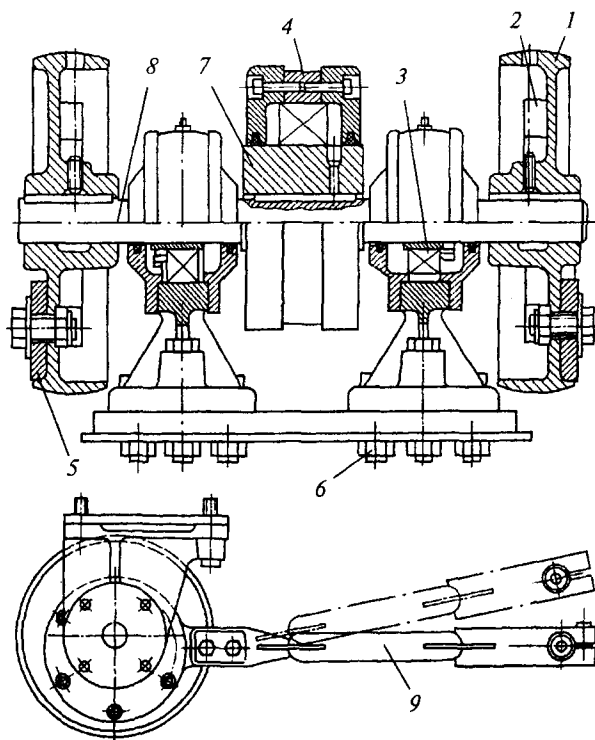


Рис. 10.14. Эксцентриковый колебатель

К корпусу эксцентрика прикрепляется болтами шатун 9, который другим концом крепится с помощью сайлент-блока к кузову-сборнику. Вращательное движение вала 8 колебателя происходит от электродвигателя через плоскоремennую передачу на шкив 1 с дебалансными грузами 2 и 5. Электродвигатель шарнирно закреплен на переднем кронштейне станины. Ремень натягивают поворотом плиты с электродвигателем вокруг оси кронштейна. Электропривод закрыт ограждением.

Технологический процесс (рис. 10.15) сортирования и обогащения продукта в машине происходит в результате взаимодействия движения продукта по ситам при возвратно-поступательном движении ситового корпуса и восходящих потоков

воздуха. Воздух II засасывается из ситового пространства, пронизывает все три яруса сит и поступает в аспирационную сеть. Продукт I (смесь крупок), подлежащий сортированию и обогащению, направляют в каждую половину машины отдельными потоками. Затем продукт поступает в приемные коробки, с помощью клапанов равномерно распределяется по ширине и направляется на сита верхних ярусов. По мере разрыхления слоя продукта воздухом частицы с наибольшей плотностью перемешаются в нижний слой (к ситам), а частицы с наименьшей плотностью и наиболее шероховатые — в верхний слой. Таким образом происходит сортирование и обогащение продукта.

Аспирационная камера установлена над каждой половиной ситового корпуса. Стенки и форточки выполнены из органического стекла. Это позволяет наблюдать за процессом сортирования и обогащения продукта на верхнем ярусе сит. В отсеке между аспирационными камерами установлен светильник.

Сверху аспирационные камеры и отсек между ними закрыты съемными стальными крышками. Аспирационные камеры ситовоечной машины подсоединены к аспирационной сети предприятия с помощью коллекторов. Каждая аспирационная камера по длине разделена перегородками на 16 одинаковых отсеков (по четыре отсека над каждой ситовой рамой).

Грубое регулирование расхода воздуха осуществляют дроссельными клапанами, установленными в воздуховодах аспирационной сети. Шиберы служат для точного регулирования воздушного режима. При повороте винтов площадь отверстий между

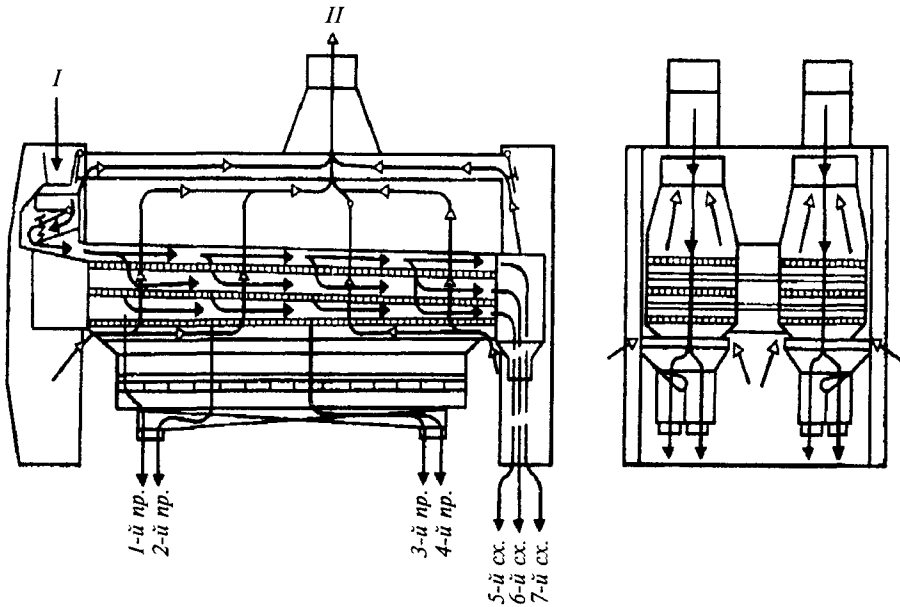


Рис. 10.15. Технологическая схема процесса в ситовечной машине А1-БСО:  
I — продукт; II — воздух

шиберами и решеткой уменьшается или увеличивается, соответственно и количество воздуха, засасываемого в отсек, будет уменьшаться или увеличиваться. Первые два шибера, отстоящих от приемных патрубков, открывают побольше, в этом случае продукт хорошо разрыхляется и быстрее перемещается по ситам. В остальных отсеках воздушный режим регулируют так, чтобы легкие частицы уносились через отверстия решетки в аспирационную сеть, а тяжелые (после их подъема восходящим потоком) падали на сита и продолжали сортироваться. В соприкосновении с ситами частицы с наибольшей плотностью и богатые эндоспермом (с малой зольностью) просеиваются быстрее отрубянистых частиц, имеющих меньшую плотность и большую зольность.

Сита верхних ярусов первых ситовых рам служат для загрузки двух нижележащих ярусов сит. Крупки последовательно просеиваются через сита верхнего, среднего и нижнего ярусов, а затем поступают в сборник. Сходом должен идти продукт, состоящий в основном из оболочек (отрубей). Сходовые фракции крупок со всех трех ярусов сит поступают из ситового корпуса через распределительную коробку в камеру сходов и выводятся из машины. В результате сортирования и обогащения продукта в ситовечной машине можно получить шесть сходовых и несколько проходных фракций (в зависимости от технологической схемы машины).

Чтобы достичь оптимальной производительности и высокой технологической эффективности, продукт в машину подают равномерно, номера сит подбирают в соответствии с качеством поступающего продукта и с учетом равномерной загрузки всех ярусов сит, следя за натяжением сит и их очисткой, регулируют воздушный режим в соответствии с качеством перерабатываемого продукта, поддерживают исправную бесперебойную работу транспортных механизмов и другого оборудования, проверяют состояние и работу инерционных щеток. Кроме того, машину необходимо содержать в чистоте, периодически очищая ее от мучной пыли.

Желаемый угол направленности колебаний ситового корпуса в продольном направлении машины устанавливаются при помощи подвесок. При этом обе передние подвески должны быть расположены под одним и тем же углом, например  $10^\circ$ . При изменении угла направленности колебаний ситового корпуса изменяются скорость потока, количество продукта, идущего сходом, и соответственно эффективность сортирования и обогащения. При высокой нагрузке и большом угле получают лучшее распределение продукта по верхнему ярусу сит, чем при малом угле. Воздушный режим в аспирационных каналах регулируют так, чтобы продукт двигался по ситам слегка «бурлящим» потоком и равномерно покрывал всю ситовую поверхность.

Если в сходах идет много высококачественного продукта, причины могут быть следующие: неправильный подбор сит; велик угол наклона подвесок к вертикали; неисправность в работе щеток. Попадание нерассортированной смеси в проход может быть при порыве сит или при наличии зазора между ситовыми рамками или между рамками и направляющими. В этом случае необходимо заменить сита или устранить выявленные зазоры. Если проход и сход содержат много мучнистых частиц, необходимо отрегулировать воздушный режим. При неравномерной толщине слоя продукта на сите необходимо проверить: правильность установки клапанов питателя; наличие перекоса подвесок ситового корпуса; натяжение сит или тонкую регулировку воздушного режима соответствующих секций.

Отличительной особенностью ситовечной машины является одноступенчатая последовательная трехъярусная схема обогащения круподуновых продуктов, которая обеспечивает высокую эффективность процесса при больших удельных нагрузках. В результате эффективного обогащения ни одна фракция не возвращается после ситовечной машины на повторное обогащение. Это сокращает протяженность ситовечного процесса, значительно снижает оборот продукта и подсушивание его. Возможность регулирования направления колебаний ситового корпуса наряду с кинематическими параметрами является действенным фактором повышения эффективности и производительности машины. Конструкция инерционных очистителей способствует восстановлению живого сечения сит, они надежны в работе.

### Техническая характеристика ситовечной машины А1-БСО

Производительность, т/ч . . . . .	1...2,2
Число ситовых рамок . . . . .	24
Размеры ситовой рамки, мм . . . . .	502×432
Число ярусов ситовых рамок. . . . .	3
Частота колебаний ситового корпуса, кол/мин . . . . .	480...525
Амплитуда колебаний ситового корпуса, мм . . . . .	4,5...6,5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин . . . . .	70
Мощность, кВт:	
электродвигателя . . . . .	1,1
светильника . . . . .	0,08
Габаритные размеры, мм . . . . .	2700×1270×1400
Масса, кг. . . . .	1020

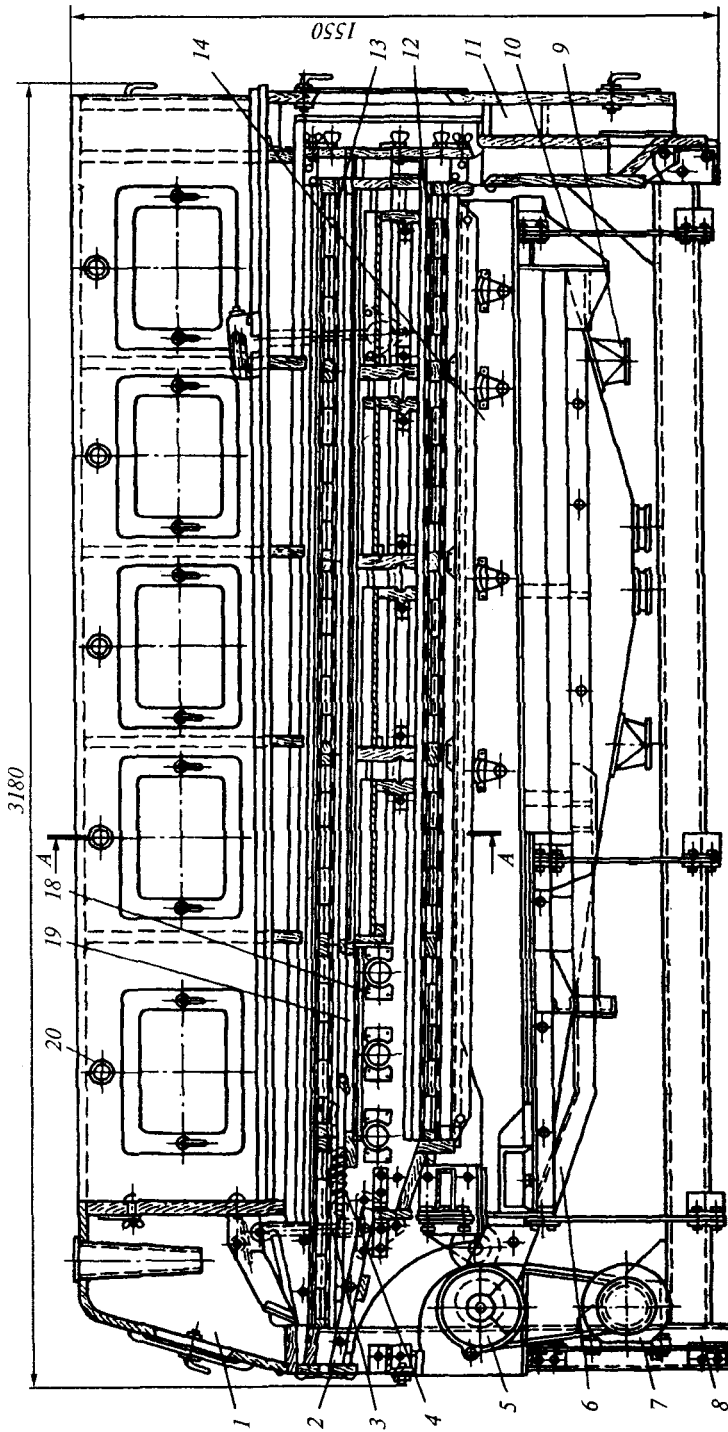


Рис. 10.16. Ситовечная машина ЗМС-2-2

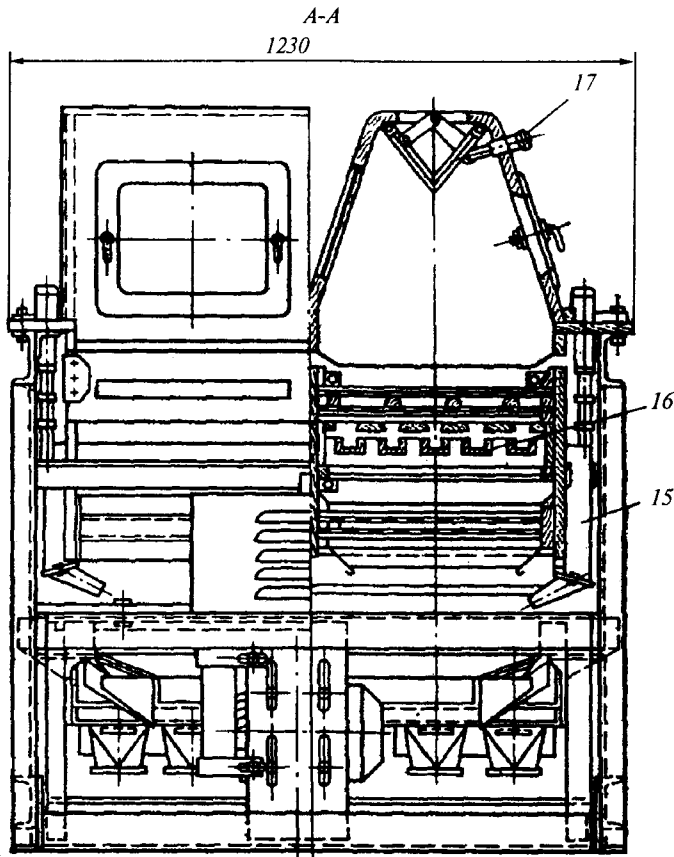


Рис. 10.16. (Продолжение)

Двухступенчатая ситовечная машина ЗМС-2-2 (рис. 10.16) сдвоенная, с двумя ярусами сит, состоит из приемной камеры 1 с поплавковым питателем, ситового корпуса 2, корпуса-сборника 6, надситовой камеры 20 и камеры сходов 11, смонтированных на общей станине 8. Поплавковый питатель выполнен в виде П-образной пластинчатой скобы с прямоугольным основанием, у которой торцовая пластина имеет уклон  $40...45^\circ$  внутрь питателя и не доходит до основания на  $2...3$  мм. На боковых стенках питателя закреплено два стальных пальца, которыми он свободно подвешивается к двум консольным кронштейнам. Под давлением продукта питатель автоматически всплывает и обеспечивает равномерное распределение продукта по ширине сит.

Ситовой корпус подвешен к станине на четырех подвесках 3, позволяющих регулировать наклон корпуса по длине в пределах от 1 до 3 %. Наклон подвесок к вертикали можно регулировать в пределах  $3...100$ . Каждая половина ситового корпуса включает верхний 13 и нижний 12 ярусы сит и сборники продукта 14, проходящие через сита последних четырех рам верхнего яруса. Сита очищаются инерционными щетками, которые перемещаются между поддоном и ситом.



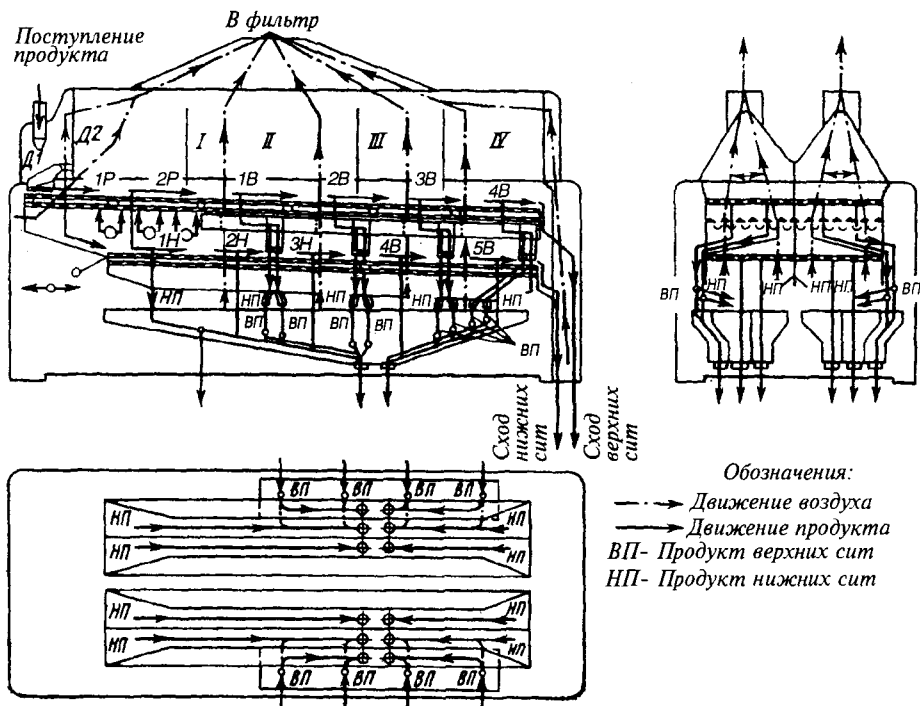


Рис. 10.17. Технологическая схема процесса в ситовечной машине ЗМС-2-2

Под первыми двумя рамами верхнего яруса сит установлены поперечные воздухораспределительные трубы 18 для дополнительного подвода и распределения воздуха между половинами машины и отдельная рама 19 со штампованным ситом, предназначенная для выравнивания потока воздуха по площади сит. Поступление воздуха регулируют заслонками, расположенными с боковой стороны ситового корпуса.

Секционные сборники продуктов, проходящих через сита четырех последних рам верхнего яруса, представляют собой кассеты 16 из желобков, расположенных вдоль сит.

Собранный в них продукт выводится из кассет за пределы корпуса поперечными лотками и через патрубки 15 на наружной стороне боковых стенок корпуса.

Надситовая аспирационная камера разделена по длине на пять отсеков. В каждом отсеке установлен механизм (клапан) 17, позволяющий регулировать количество воздуха, проходящего через отсек и участок сита. Для вывода схода с верхнего и нижнего ярусов сит в конце машины установлена камера сходов, в каналах которой имеются лепестковые клапаны для уменьшения подсоса воздуха в камеру. Надситовую камеру подключают раструбом к аспирационной сети.

В каждом корпусе-сборнике имеются патрубки 9 для вывода продукта. Корпус-сборник опирается на вертикальные пружины 10, прикрепленные к станине. Для обеспечения наклонного положения подвесок к передним подвескам ситового корпуса прикреплены оттяжные пружины 4.

Ситовой корпус и корпус-сборник приводятся в возвратно-поступательное движение от эксцентрикового колебателя 5. В привод входят электродвигатель 7 и клиноремная передача.

На рис. 10.17 изображена технологическая схема двухступенчатой ситовесечной машины, где стрелками указан путь движения обогащаемой смеси крупок, воздуха, сходов, фракций, выделенных из исходной смеси.

Смесь крупок, подлежащая сортированию, поступает по самотечной трубе на скат приема. С него через образовавшийся зазор между основанием и передней наклонной сеткой питателя продукт равномерным слоем по всей ширине ската подается на первое сито верхнего яруса. Далее проход сита первых двух рам поступает на первое сито нижнего яруса. Фракции, просеивающиеся через отверстия сит рам *1В*, *2В*, *3В*, *4В* верхнего яруса, выводятся из машины отдельно, не попадая на сита нижнего яруса. По продольным желобкам проход через сита верхнего яруса попадает на поперечные скаты и по патрубкам на боковых стенках корпуса направляется в боковые карманы корпуса-сборника, а оттуда за пределы машины.

Проходы через сита нижнего яруса поступают в другие карманы корпуса-сборника и отдельно выводятся из машины. Обогащение крупок достигается путем комплексного использования действия сил тяжести и различия объемных масс частиц разного качества при колебательном движении сита и наличии восходящих потоков воздуха через сита и постель из крупок на них. Обогащение происходит в две ступени.

Первая ступень — на ситах рам *1Р* и *2Р* верхнего яруса. Здесь от всего загруженного в машину продукта проходом через два сита в каждой половине корпуса должно выделяться 45...60 % предварительно обогащенной смеси.

Обогащение на второй ступени происходит параллельно на двух ярусах сит:

на ситах всех пяти рам нижнего яруса обогащается продукт, полученный после прохода сит первых двух рам верхнего яруса;

на ситах остальных четырех рам (из шести) верхнего яруса обогащается продукт, сходящий с сит первых двух рам этого же яруса.

Указанное распределение продукта между ярусами осуществляется путем подбора сит на рамах *1Р* и *2Р*.

Окончательное уточнение распределения обогащаемой смеси между верхними и нижними ярусами проводят отбором и взвешиванием поступающего на одну половину машины проходов сит рам *1В*, *2В*, *3В*, *4В* и схода с сита *2Р* за единицу времени. Воздух проходит последовательно через сита и постель из крупок нижнего яруса отверстия вышележащих кассет желобковых сборников, через сита и постель из крупок верхнего яруса и поступает в соответствующие секции аспирационной камеры и отсасывающую вентиляционную сеть.

Стальные штампованные днища рам служат опорой щеток для очистки сит и одновременно помогают выровнять воздушный поток по ширине сита. Для выравнивания потока воздуха под ситами рам *1Р* и *2Р* дополнительно установлена решетка. Равномерность воздушного потока по ширине сита регулируется также равномерностью толщины постели на сите, что достигается хорошим натяжением сита и устранением перекосов ситового корпуса.

Воздушный режим по длине сит настраивают регулировочными клапанами, расположенными над ситами в каждом отсеке аспирационной камеры, шиберными заслонками на боковинах корпуса (для рам *1Р*, *2Р*) и общим шибером в воздухопроводной сети каждой половины машины.

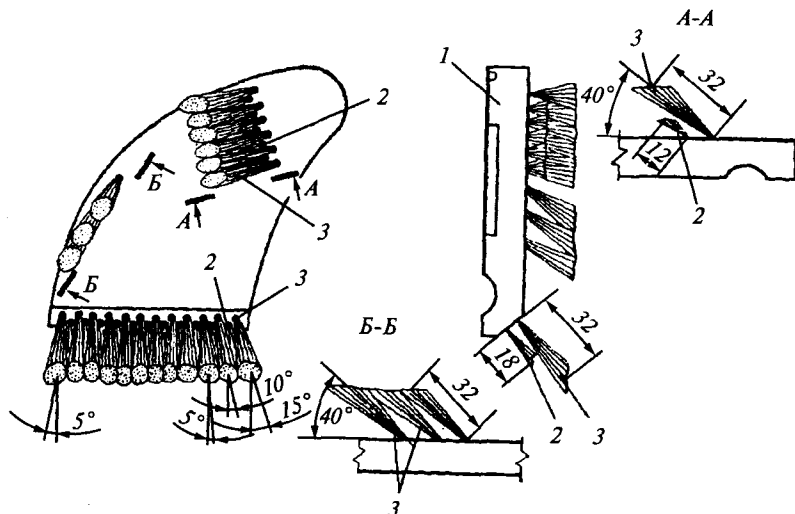


Рис. 10.18. Общий вид самоходной щетки ситовеечной машины ЗМС-2-2

На рис. 10.18 показана конструкция самоходной щетки, которая движется по замкнутой криволинейной траектории. Она перемещается плоской частью колодки по поддону из штампованного сита.

### Техническая характеристика ситовеечной машины ЗМС-2-2

Производительность, кг/с . . . . .	0,60...0,64
Число ярусов ситовых рамок . . . . .	2
Частота колебаний ситового корпуса, кол/мин . . . . .	500...550
Амплитуда колебаний ситового корпуса, мм . . . . .	5
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,018
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1,0
Габаритные размеры, мм . . . . .	3180×1230×1550
Масса, кг. . . . .	800

**Инженерные расчеты.** Работу ситовеечной машины оценивают производительностью и эффективностью обогащения.

Технологическую эффективность работы ситовеечной машины оценивают выходом обогащенных продуктов и перераспределением зольности сходовых и проходových (обогащенных) фракций сравнительно с зольностью исходного продукта. Степень снижения зольности (%) обогащенного продукта можно определить по формуле

$$\Delta Z = [(Z_1 - Z_2) / Z_1] 100,$$

где  $Z_1, Z_2$  — зольность соответственно исходного и обогащенного продуктов, %.

Выход обогащенного продукта определяют по балансу и рассчитывают по формуле

$$G_{об} = \sum_i^n g_i / G_{исх},$$

где  $g_i$  — масса каждой фракции проходовых частиц, отобранных за единицу времени, кг;  $G_{исх}$  — масса исходного продукта, поступившего в машину за то же время, кг;  $n$  — число фракций.

Производительность  $\Pi$  (т/ч) ситовеечной машины определяют по формуле

$$\Pi = 10^{-3} qB,$$

где  $B$  — ширина сита, см;  $q$  — удельная нагрузка, кг/(см·ч).

Технологическую эффективность работы ситовеечной машины оценивают выходом обогащенных продуктов и перераспределением зольности сходовых и проходовых (обогащенных) фракций сравнительно с зольностью исходного продукта.

Важным фактором процесса сортирования в ситовеечной машине является скорость  $v_b$  (м/с) восходящего потока воздуха

$$v_b = Q_b/S,$$

где  $Q_b$  — расход воздуха, проходящего через сита, м<sup>3</sup>/с;  $S$  — площадь сита, м<sup>2</sup>.

### 10.5. ВЫМОЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ВИБРОЦЕНТРОФУГАЛЫ

**Вымольная машина А1-БВГ** (рис. 10.19) предназначена для отделения частиц эндосперма от оболочек сходовых фракций драных систем при переработке пшеницы в сортовую муку.

Подставка 1 предназначена для установки на ней станины и электропривода. На станине размещены основные рабочие органы машины: люк 2, крышка 3, привод 8, дверка 9, ротор 4, приемная камера 5, приемный патрубков 6. Приемная камера 5 снабжена двумя спаренными клапанами 7, регулирующими подачу исходного продукта в рабочую зону машины.

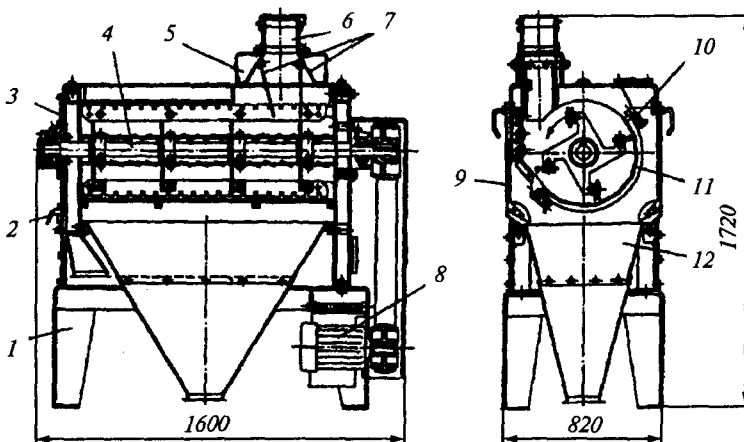


Рис. 10.19. Вымольная машина А1-БВГ

Приемный патрубок 6 выполнен из стекла. Бичевой ротор имеет вал, розетки и бичи. Ротор 4 установлен в подшипниковых опорах, закрепленных на торцевых стенках станины. Привод 8 ротора от электродвигателя через плоскоремennую передачу. Электродвигатель расположен на плите, шарнирно закрепленной на подставке.

Съемное сито 11 представляет собой полотно из нержавеющей стали с круглыми отверстиями. Полотно с помощью винтов прикрепляют к каркасу из алюминиевого сплава. К машине каркас закрепляют зажимами 10. Металлические съемные дверки предназначены для удобства технического обслуживания и ремонта.

Исходный продукт через патрубок 6 поступает в приемную камеру вымольной машины и через спаренные клапаны направляется в рабочую зону.

Здесь продукту гонками, расположенными на бичах ротора и отогнутыми под углом  $50^\circ 50'$ , сообщается как вращательное, так и осевое движение.

Процесс отделения частиц эндосперма от оболочек происходит в результате интенсивного удара бичей по частицам продукта в рабочей зоне. Вследствие интенсивного удара бичей частицы эндосперма отделяются от оболочек (отрубей) и вместе с последними отбрасываются на ситовую поверхность. Частицы эндосперма проходят через отверстия сита, попадают в конус 12 и далее по самотечной трубе выводятся из машины. Отруби идут сходом с сита, направляются в патрубок и выводятся из машины. Для контроля схода отрубей на выходе из машины сделан люк. Машина комплектуется одним из трех видов сит (с отверстиями 0,75; 1,0 и 1,25 мм).

В крышке станины предусмотрено отверстие размером  $90 \times 1060$  мм с фланцем для присоединения к аспирационной сети мукомольных заводов с внутрицеховым механическим транспортом. При установке вымольной машины на мукомольных заводах с пневматическим транспортом всасывающий воздуховод пневмотранспорта подсоединяют к выпускному конусу или специальному патрубку под перекрытием, на котором установлена машина.

Время нахождения исходного продукта в рабочей зоне и производительность машины регулируют поворотом оси одного из спаренных клапанов приемной камеры. При этом изменяется время пребывания продукта в рабочей зоне. Это делают в том случае, если отруби слишком сухие и мука, выходящая из машины, имеет темный цвет или, наоборот, если отруби и мучнистые частицы слишком светлые.

### Техническая характеристика вымольной машины А1-БВГ

Производительность, кг/ч . . . . .	900...1600
Бичевой ротор:	
диаметр, мм . . . . .	415
частота вращения, мин <sup>-1</sup> . . . . .	1000...1100
Зазор между ротором и поверхностью сита, мм . . . . .	14
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	5,5
Расход воздуха на аспирацию, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	432
Габаритные размеры, мм . . . . .	1600×820×1720
Масса, кг . . . . .	600

**Виброцентрофугал РЗ-БЦА** (рис. 10.20) предназначен для высеивания частиц муки из трудносыпучих промежуточных продуктов размола зерна.

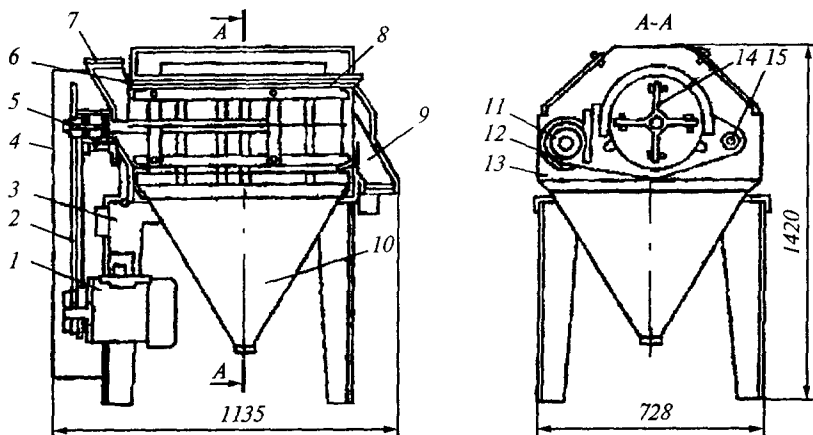


Рис. 10.20. Виброцентрофугал РЗ-БЦА

Он состоит из следующих основных узлов: бичевого ротора 5, вибратора 11, траверсы 12, корпуса ситового цилиндра 6 и станины 3.

Ротор представляет собой консольно закрепленный в подшипниках вал, на котором установлена крестовина 14 с продольными бичами 8. Вращение вала ротора осуществляется от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 2. Электродвигатель установлен на кронштейне, связанном со станиной. Привод имеет ограждение 4.

Вибратор 5 состоит из эксцентрикового вала и гильзы, закрепленной на нем в подшипниках. Эксцентриковый вал приводится во вращение от электродвигателя 1 через клиноременную передачу. Траверса одним концом закреплена на гильзе вибратора и совершает с ней колебательное движение, а другим концом — на оси 15, связанной с амортизаторами. Корпус 13 машины сварной конструкции имеет два люка со съемными крышками. В нем установлены основные рабочие органы машины.

Ситовой цилиндр 6 выполнен из натянутой на обручи капроновой ткани. Продукт в него поступает через приемный патрубок 7.

Станина состоит из опорной рамы, на которой с помощью амортизаторов установлены корпус и электродвигатель. Машина аспирируется через самотечную трубу для сходовой фракции, трубу к пневмоприемнику.

Технологический процесс протекает следующим образом. Поступающий через приемный патрубок продукт подхватывают вращающиеся бичи и многократно сбрасывают его к поверхности ситового цилиндра. Частицы муки проходят через отверстия сита и сбрасываются с него в результате высокочастотных колебаний ситового цилиндра, создаваемых вибратором 11. Далее частицы проходовой фракции, попадая на стенки корпуса, стекают с них к выпускному патрубку 10. Сходовая фракция проходит по ситовому цилиндру к выпускному патрубку 9 и в результате вибрации удаляется из машины.

При работе машины на холостом ходу проверяют: частоту и направление вращения ротора, которое должно соответствовать положению указательной стрелки, закрепленной на корпусе; плавность вращения ротора от руки; температуру нагрева подшипников и вибратора (не более 60 °С); затяжку резьбовых соединений; наличие и качество смазки в подшипниковых узлах; натяжение ткани сита; опорные обручи внутри ситового цилиндра должны опираться на колеблющиеся траверсы.

Производительность виброцентрофугала зависит от скорости вращения ротора, которая изменяется при смене шкивов на электродвигателе, а также от зазора между кромкой бичей и ситовой поверхностью. Изменение зазора достигается передвижкой бичей в радиальном направлении в пределах 12...13 мм.

Эффективность работы машины оценивают сопоставлением зольности исходного продукта и полученных фракций. Соотношение проходовой и ситовой фракций 1...1,3. Зольность ситовой фракции в 2,5...2,8 раза выше, чем проходовой.

Отличительные особенности машины заключаются в следующем: высокочастотные колебания ситового цилиндра активизируют просеивание и транспортирование трудносыпучей фракции, а также обеспечивают самоочистку отверстий сит.

### Техническая характеристика виброцентрофугала РЗ-БЦА

Производительность, т/ч . . . . .	0,5...1
Площадь ситовой поверхности, м <sup>2</sup> . . . . .	0,66
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> :	
ротора . . . . .	500; 710
вибратора . . . . .	2500
Амплитуда колебаний ситового цилиндра, мм . . . . .	2
Внешний диаметр бичей ротора, мм . . . . .	250...276
Размеры ситового цилиндра, мм:	
диаметр . . . . .	300
длина . . . . .	700
Размер отверстий капроновой ткани сита, мкм . . . . .	177
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	2,2
Габаритные размеры, мм . . . . .	1135×728×1420
Масса, кг. . . . .	255

**Инженерные расчеты.** Производительность вымольных машин  $\Pi$  (кг/с) с вращающимся бичевым ротором определяется по формуле

$$\Pi = nptg\alpha\sqrt{R^3 h} / 60,$$

где  $n$  — частота вращения бичевого ротора, мин<sup>-1</sup>;  $\rho$  — насыпная плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  — угол наклона оси гонок, расположенных на бичах ротора, град;  $R$  — радиус ротора, м;  $h$  — наибольшая высота слоя продукта в роторе, м.

Мощность электродвигателя  $N$  (кВт) вымольной машины

$$N = \{g[(G_p + G_{np})\mu d + 2,4G_{np}R]_n / (1000 \cdot 60\eta),$$

где  $G_p$  — масса ротора, кг;  $G_{np}$  — масса продукта в роторе, кг;  $\mu$  — коэффициент трения скольжения в подшипниках;  $d$  — диаметр цапфы вала, м;  $\eta$  — КПД привода.

## 10.6. ЭНТОЛЕЙТОРЫ И ДЕТАШЕРЫ

**Энтолейтор РЗ-БЭР** (рис. 10.21) предназначен для дополнительного измельчения крупок и дунстов после вальцовых станков с шероховатыми вальцами 1...3-й размольных систем.

Энтолейтор представляет собой цельнометаллическую конструкцию и состоит из следующих основных узлов: корпуса 1, приемного 4 и выпускного 6 патрубков, привода, ротора.

Ротор, который состоит из двух стальных дисков 2 диаметром 430 мм, расположен внутри корпуса 1. Между деками расположены два концентричных ряда втулок 3 по 20 в каждом ряду. Диаметр втулок наружного ряда 14 мм, внутреннего — 10 мм. Высота рабочей камеры ротора 35 мм.

Корпус 1 в форме «улитки» изготовлен из серого чугуна. В корпусе имеется выпускной патрубок 6 диаметром 80 мм для выхода измельченного продукта. Сверху к корпусу болтами крепится стальная крышка 5, в центре которой установлен приемный патрубок 4 диаметром 120 мм. В нижней части (днище) корпуса имеются три отверстия для очистки рабочей камеры от продукта. Отверстия 9 закрыты крышками, поворот которых осуществляется рукояткой 10. Корпус с помощью трех стоек 8 подвешивается к потолочному перекрытию или крепится к полу (на рис. 10.21 показан вариант установки на полу).

Привод энтолейтора осуществляется от фланцевого электродвигателя 7.

Технологический процесс в энтолейторе происходит следующим образом. Продукт после измельчения в вальцовом станке по гравитационному и пневмотранспортному трубопроводу поступает в приемный патрубок 4 энтолейтора и попадает через отверстие в верхнем диске ротора в его рабочую камеру. Под действием центробежных сил инерции и воздушного потока продукты размола зерна движутся от центра к периферии ротора. Вследствие многократных ударов о втулки и корпус зернопродукты дополнительно измельчаются, а спрессованные комки разрушаются. Измельченный продукт выводится через патрубок 6 и поступает в продуктопровод пневмотранспортной сети.

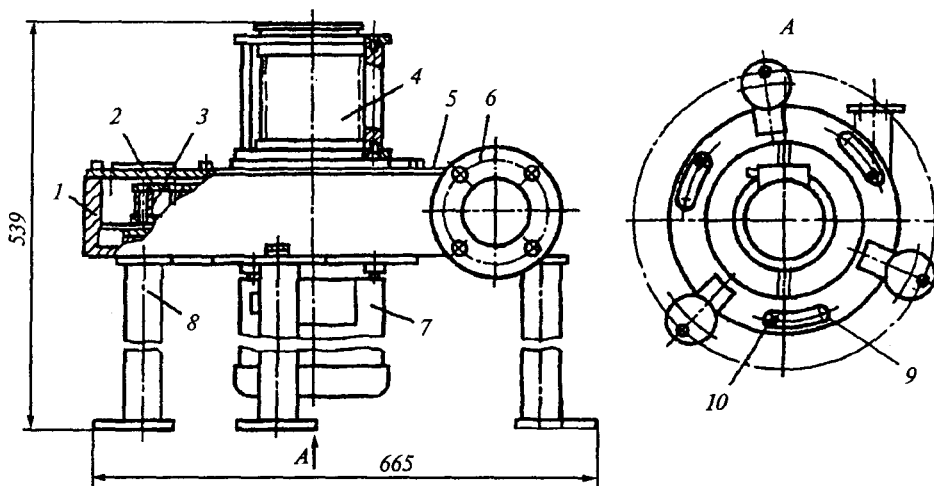


Рис. 10.21. Энтолейтор РЗ-БЭР



По данным испытаний энтолейтора, после вальцового станка 2-й размольной системы, извлечение муки (проход сита № 43 ш) составило 26 %.

При настройке машины на холостом ходу проверяют направление вращения ротора (по часовой стрелке со стороны приема); затяжку резьбовых соединений; наличие и качество смазки в подшипниковом узле электродвигателя; герметичность подсоединения приемного и выпускного патрубков.

Оперативное регулирование под нагрузкой заключается в изменении подсоса воздуха на выхлопе энтолейтора при осевом смещении подсоса резиновой манжеты за счет открытия или закрытия продольных отверстий воздухопровода.

### Техническая характеристика энтолейтора РЗ-БЭР

Производительность, т/ч . . . . .	1,5...2,3
Диаметр ротора, мм . . . . .	430
Наружный диаметр корпуса, мм . . . . .	550
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> . . . . .	3000
Зазор между ротором и корпусом, мм . . . . .	40
Мощность электродвигателя, кВт. . . . .	4
Габаритные размеры, мм . . . . .	665×651×539
Масса, кг . . . . .	130

**Дисковый деташер А1-БДГ** (рис. 10.22) предназначен для измельчения промежуточных продуктов после вальцовых станков 1-й, 2-й шлифовочных и 4...10-й размольных систем с микрошероховатой рабочей поверхностью вальцов.

Деташер состоит из следующих основных узлов: корпуса 2, ротора 8 с находящимся на нем диском 10 и шнеком 4, приемного отверстия 3.

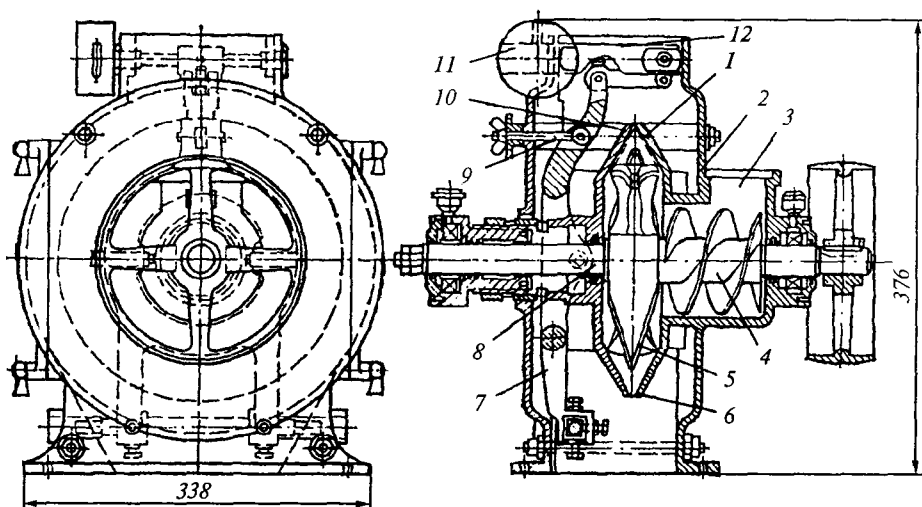


Рис. 10.22. Деташер А1-БДГ:  
а — общий вид; б — ротор

Диск 1 отлит вместе с корпусом деташера, а диск 10 может перемещаться вдоль ротора 8 и прижиматься к неподвижному диску 1 при помощи рычажного механизма 7 с противовесом 11 на рычаге 12. Продукт поступает в приемное отверстие 3 и подается шнеком 4 в рабочее пространство между дисками. Здесь под воздействием звездочки 5 продукт пеллетизируется и в разрыхленном виде выходит через зазор 6 между дисками 1 и 10.

Положение маховичка 9 фиксируется гайкой. Окружная скорость звездочки дискового деташера при размоле дунстов 7...9 м/с, нагрузка на 1 см длины окружности диска 120...145 кг/(см·сут); при размоле нижних сходов с вымыльных систем соответственно принимают скорость 5...6 м/с и нагрузку 85...95 кг/(см·сут). Расстояние между наружными кромками диска, измеренное вдоль вала, рекомендуется принимать при пропуске дунстов не более 150 мкм и нижних сходов не более 250 мкм.

Привод деташера от электродвигателя (на рис. 10.22 не показан) через упругую муфту, выполненную из двух полумуфт с резиновым вкладышем, обеспечивающим компенсацию небольшой несоосности валов электродвигателя и ротора и передачу необходимого крутящего момента. Муфта закрыта ограждением, электродвигатель установлен на небольшой сварной раме.

Технологический процесс обработки продукта в деташере осуществляется следующим образом. После вальцового станка продукт самотеком или через систему пневмотранспорта направляют через приемное отверстие 3 в рабочую зону. Здесь он подхватывается дисками вращающегося ротора, отбрасывается к внутренней поверхности корпуса и постепенно перемещается к выпускному патрубку. В результате многократных ударов и трения частиц о диски и корпус происходит разрушение агломератов частиц.

По данным испытаний, извлечение муки, полученной при измельчении продукта в вальцовом станке 1-й шлифовочной системы и дисковых деташерах, составляет 14...14,5 %, зольность муки – около 0,44 %.

При настройке машины на холостом ходу проверяют: направление вращения ротора (по часовой стрелке со стороны электродвигателя); наличие и качество смазки подшипниковых узлов; герметизацию всех соединений.

### Техническая характеристика дискового деташера А1-БДГ

Производительность, т/ч . . . . .	0,4...0,6
Диаметр цилиндрического корпуса, мм . . . . .	300
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> . . . . .	695
Диаметр ротора, мм . . . . .	290
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	1,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	1040×338×376
Масса, кг . . . . .	70

**Инженерные расчеты.** Производительность дискового деташера  $\Pi$  (кг/ч)

$$\Pi = 1800\pi k_1^2 k_2 \varphi r D^2 \delta \omega,$$

где  $k_1 = d/D_{к.н}$  ( $d$  — внутренний диаметр корундовой накладки, м;  $D_{к.н}$  — ее наружный диаметр, м);  $k_1 \approx 0,7$ ;  $k_2$  — опытный коэффициент, показывающий, какую часть составляет скорость движения продукта в радиальном направлении от окружной скорости на расстоянии  $0,5D$  от оси вращения; для дискового деташера  $k_2 = 0,01$ ;  $\varphi$  —

коэффициент заполнения щели;  $\varphi = 0,7 \dots 0,8$ ;  $\rho$  — насыпная плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $D$  — наружный диаметр диска, м;  $\delta$  — зазор между дисками, м;  $\omega$  — угловая скорость диска, рад/с.

### 10.7. ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Дробильно-сортировочно-очистительные машины (дробильно-очистительные машины) предназначены для дробления обжаренных или полуобжаренных какао-бобов в крупку вместе с какао-веллой, разделения смеси на фракции и отделения какао-веллы от крупки. Эти машины имеют дробящие рабочие органы в виде рифленых валков, дисков, дробилок ударного действия, граненых валков. Деление крупки с какао-веллой на фракции во всех машинах производится на ситах. Имеется два варианта разделения. В первом варианте сначала выделяются мелкие фракции, а затем крупные, т. е. идет выделение от мелких фракций к крупным. Во втором варианте отделяются сначала крупные фракции, а затем мелкие. В первом варианте соблюдается последовательное расположение сит, а во втором — параллельное. Во всех машинах какао-велла от крупки отсепаровывается воздухом.

К первому типу относится машина «Нагема» (Германия) типа 88/1 (рис. 10.23, а). Обжаренные и охлажденные какао-бобы загружают в воронку 1. Элеватор 4 подает их наверх. В наклонной течке элеватора какао-бобы проходят над магнитом, который задерживает металлопримеси. Затем бобы попадают на шелушитель 5, который разрывает оболочку и дробит ядро в крупку. Смесь оболочки и крупки поступает на наклонное сито, расположенное в корпусе 6 и совершающее продольные колебания от эксцентрикового механизма. Сито состоит из нескольких участков с постепенно увеличивающимися отверстиями, следовательно, оно сортирует смесь от меньшего размера к большему. Количество участков зависит от желаемого числа фракций крупки. Чаще всего сита имеют семь участков со следующими размерами отверстий (мм):  $1 \times 1$ ;  $2,5 \times 2,5$ ;  $3 \times 3$ ;  $4 \times 4$ ;  $5 \times 5$ ;  $6 \times 6$ ;  $8 \times 8$ . Каждая фракция поступает в аспирационную колонку 7.

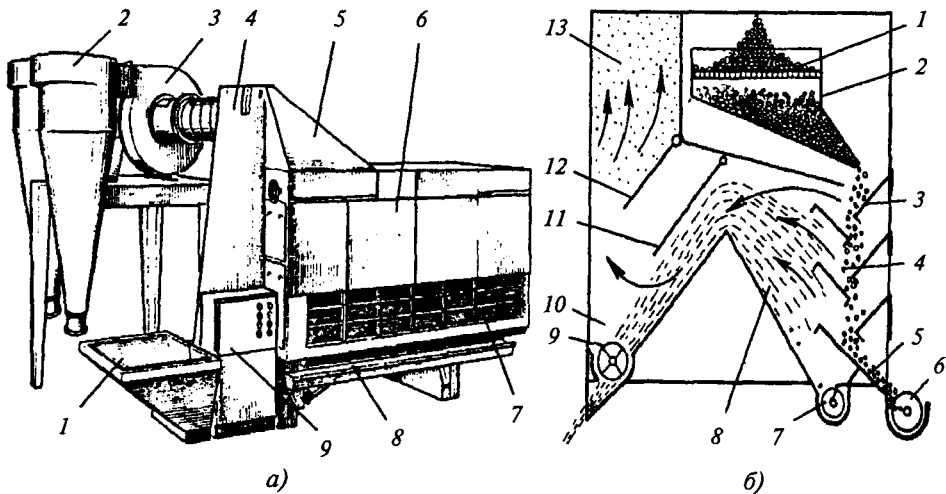


Рис. 10.23. Дробильно-сортировочно-очистительная машина с последовательно расположенными ситами:

а — общий вид; б — технологическая схема процесса отделения какао-веллы в аспирационном канале

Крупка из всех аспирационных каналов попадает на сборочный шнек 8. Какао-велла собирается с противоположной стороны. Воздух через аспирационные колонки нагнетается вентилятором 3. Очистка отработанного воздуха производится в циклонах 2. Шкаф 9 служит для управления машиной.

Отделение какао-веллы от фракции крупки показано на рис. 10.23, б. На сите 1 крупка с оболочкой делится на несколько фракций. Каждая проходная фракция 2 поступает в аспирационную колонку 4 и пересыпается с выше расположенной наклонной полки 3 на ниже расположенную, пока не достигнет отводящего лотка 5 и сборного шнека 6. Продукт в полете продувается воздухом, который движется в направлении, показанном стрелками на рисунке. Скорость воздуха в каждой аспирационной колонке подбирается такой, чтобы отсоединялась только оболочка от фракции. Нужную скорость воздуха устанавливают, поднимая или опуская заслонку 11. Заслонка 12 регулирует количество воздуха в воздушном канале 13.

Из аспирационной колонки воздух с оболочкой и небольшими крупинками ядра поступает в расширительную камеру 8. Здесь скорость воздуха уменьшается вследствие увеличения сечения. Захваченные воздухом частицы мелкой крупки оседают на дно. Из этого канала их выводит шнек 7. Оболочка оседает на дно камеры 10, так как здесь скорость воздуха значительно уменьшается из-за большого сечения камеры. Заслонка 11 улучшает очистку воздуха от оболочки, заставляя взвешенные частицы уйти вниз под действием центробежной силы, которая появляется при сгибании заслонки. Воздух, почти освобожденный от взвешенных частиц, поступает в канал 13, далее через вентилятор и циклон в атмосферу. Оболочка из камеры 10 выходит через шлюзовой затвор 9. Затвор 9 устраняет подсос воздуха в камеру 10 и не препятствует выходу скопившейся оболочки. Сход с сита в виде недробленных бобов поступает на шнек, который транспортирует их вновь в воронку машины.

Обычно самая мелкая фракция крупки содержит большее количество какао-веллы, а соответствующая фракция какао-веллы имеет значительную примесь крупки. По этой причине в некоторых машинах не предусматривается аспирационная колонка для самой мелкой фракции. Эта фракция собирается с какао-веллой. Ее выход в хорошо отрегулированной машине не превышает 0,5%. Эту фракцию используют как добавку в низкосортный шоколад и начинку.

В состав данной машины входит ударная дробилка. Другие машины имеют дисковые дробилки.

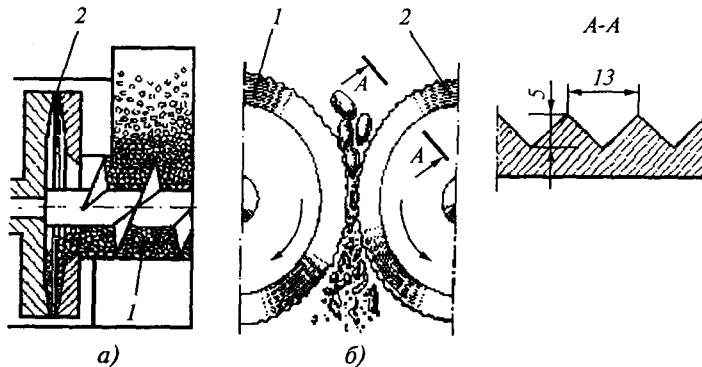


Рис. 10.24. Дробилки:  
а — дисковые; б — валковые

В дисковой дробилке (рис. 10.24, а) шнек 1 равномерно подает какао-бобы в зазор между двумя дисками 2, которые вращаются в одну сторону, но с разной скоростью. Зазор между дисками не менее 5 мм.

Валковая дробилка (рис. 10.24, б) состоит из двух валков 1 и 2 с кольцевыми пазами. Валки имеют одинаковый диаметр. Между собой они соединены шестернями с одинаковым числом зубьев. Один валок (2) можно приближать к другому при помощи винтов. Обычно между валками имеется зазор не менее 5 мм.

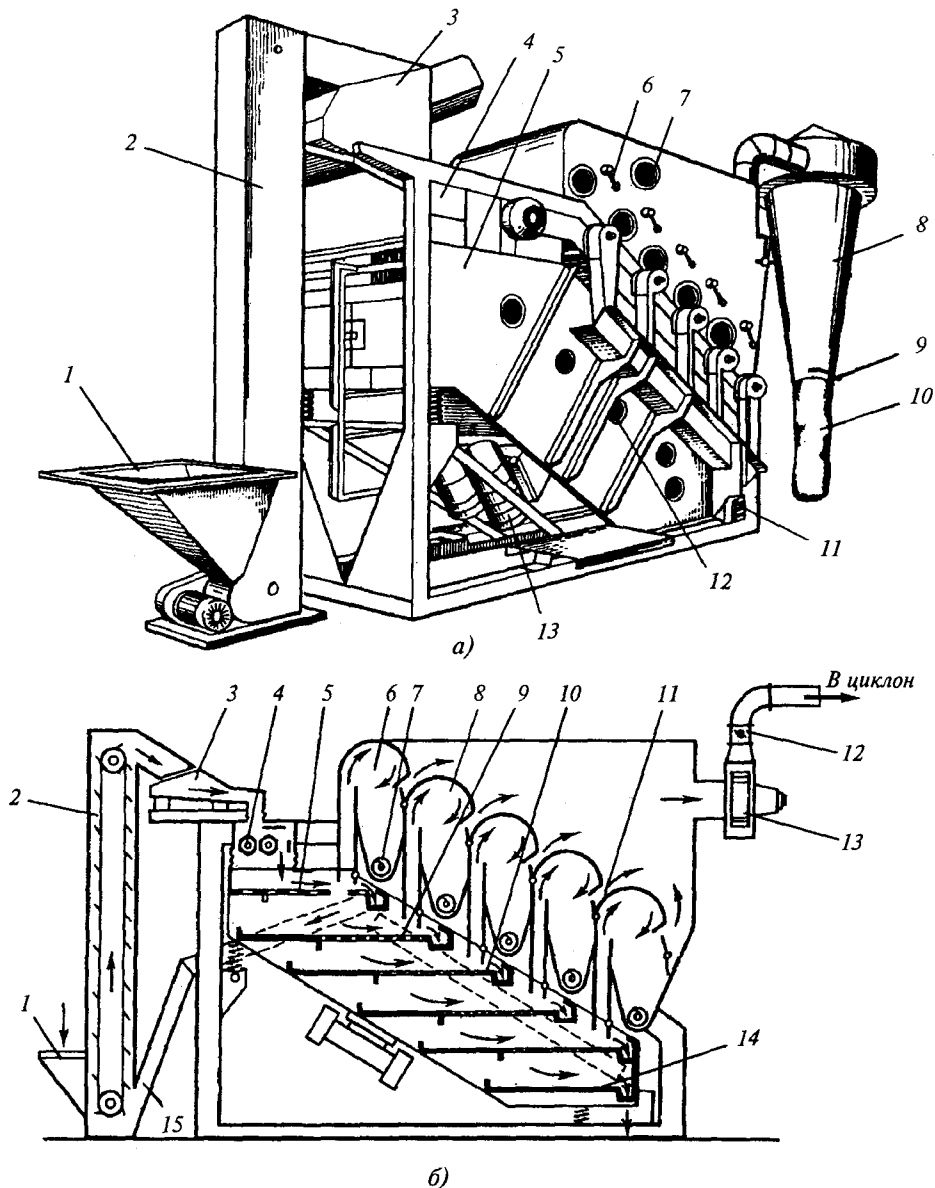


Рис. 10.25. Дробильно-сортировочно-очистительная машина с параллельным расположением сит:  
а — общий вид; б — технологическая схема процесса в машине

Дробильно-сортировочно-очистительная машина, в которой сортировка производится от крупной фракции к мелкой, т. е. с параллельно расположенными ситами, показана на рис. 10.25, а. Обжаренные какао-бобы загружаются в воронку 1 нории 2, которая подает их в вибрационный питатель 3. Из питателя бобы равномерно поступают в дробилку 4. Из нее смесь крупки и какаоветлы ссыпается в ситовый корпус 5. Корпус опирается на пружины 11 и колеблется от самобалансного механизма 13. Скорость воздуха в каждом сепарационном канале регулируют рукоятками 6. Для наблюдения за ходом процесса на ситах служат окна 12. Через окна 7 визуальнo наблюдают за процессом в осадительных камерах. Вся отвеенная мелочь какаоветлы оседает в циклоне 8 и собирается в сборнике 10. При смене сборника рукояткой 9 закрывают заслонку в циклоне.

Схема рассмотренной машины приведена на рис. 10.25, б. Загруженные в воронку 1 какао-бобы подаются норией 2 на вибрационный питатель 3.

Он равномерно питает бобами дробилку с шестигранными валками 4, которые вращаются навстречу друг другу с одинаковой скоростью.

Валки лишь раздавливают какао-бобы. Полученная смесь крупки и какаоветлы ссыпается на сито 5. Через его отверстия не проходят только нераздробленные какао-бобы. Они движутся по сити сходом и по каналу 15 возвращаются в норию, а затем поступают на повторное измельчение. Сходящие с сита раздробленные какао-бобы в конце сита 5 продуваются воздухом, который уносит крупную какаоветлу в осадительную камеру 6. В осадительной камере в результате снижения скорости какаоветла оседает на дно, где расположен шнек 7, выводящий ее из камеры в специальную емкость.

Проход с сита 5 попадает на нижерасположенное сито 9. Отверстия в этом сите меньше, чем в предыдущем. На нем отделяется крупная крупка и крупная какаоветла. Они движутся сходом по сити в течку 10. В конце сита воздух от схода отвеивает крупную какаоветлу и уносит ее в осадительную камеру 8. Там она оседает и выводится из камеры в сборник. Проход с сита 9 попадает на следующее сито с еще меньшими размерами отверстий и т. д.

Сход с каждого сита продувается воздухом. Проход с нижнего сита, представляющий собой самую мелкую смесь крупки с какаоветлой, по лотку 14 направляется в течку, а оттуда в сборник для самой мелкой фракции. Эту фракцию используют для начинок. Процесс отвеивания какаоветлы от фракции крупки регулируется заслонкой 11 в каждой осадительной камере. Для всех аспирационных каналов установлен один вентилятор 13, производительность которого можно регулировать заслонкой 12.

Техническая характеристика дробильно-сортировочно-очистительных машин приведена в табл. 10.2.

Таблица 10.2. Техническая характеристика дробильно-сортировочно-очистительных машин

Показатель	Тип машины, фирма		
	88/1, «Хайденау» (Германия)	RCM7, «Карле и Монтанари» (Италия)	«Бауэрмей-стер» (Швейцария)
Производительность, кг/ч	1000	500	2000
Число фракций	7	7	7
Потребная мощность, кВт	9,8	5,1	11
Габаритные размеры, мм	6125×5500×3320	4000×1700×2800	5600×1700×3940
Масса, кг	2450	1900	2890

Ситовая часть дробильно-сортировочно-очистительной машины рассчитывается так же, как и у воздушно-ситовых сепараторов.

В дробильно-сортировочно-очистительных машинах полного разделения фракций получить невозможно.

**Инженерные расчеты.** Полноту разделения удобно характеризовать коэффициентом извлечения компонента из данной фракции:

$$\eta_{11} = (\varphi_{11} / \varphi_{01})B_1,$$

где  $\varphi_{11}$  — коэффициент, показывающий доленое содержание первого компонента в первой фракции, %;  $\varphi_{01}$  — коэффициент, показывающий доленое содержание первого компонента в исходной смеси, %;  $B_1$  — относительный выход первой фракции.

Предельная скорость движения боба по ситам  $v$  (м/с)

$$v = 73,5\sqrt{d},$$

где  $d$  — средний диаметр наименьших частиц во фракции, проходящей через сито, мм.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Механизм процесса сепарирования разнородных по технологическим свойствам компонентов определяет способы сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевого сырья.*

*2. Анализ факторов, влияющих на производительность оборудования и энергоёмкость процесса сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевого сырья, показывает пути развития соответствующих систем процессов и систем машин.*

*3. Эффективная эксплуатация, ремонт и обслуживание машин для сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения пищевого сырья требует знания не только их устройства и принципа действия, но и особенностей процесса в каждой из них.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие факторы влияют на эффективность и производительность сортирования продуктов в отсевах?
2. Как устроены и какие функции выполняют двери отсева?
3. Каково устройство и принцип действия отсева?
4. Чем определяется радиус траектории колебаний отсева и от чего он зависит?
5. В чем заключаются принципы построения различных типов технологических схем?
6. Какие факторы влияют на производительность и эффективность работы отсева?
7. Как производится балансировка отсева?
8. В чем состоит сущность процесса обогащения в ситовой машине?
9. Как регулируют воздушный режим в ситовой машине?

10. Какое влияние на процесс обогащения в ситовечной машине оказывает угол направления колебаний? Как его регулируют?
11. Каково устройство и принцип действия ситовечной машины?
12. Каковы основные направления совершенствования конструкций сортирующих машин?
13. Какие функции выполняют сортирующие машины и какое место в машинно-аппаратурных схемах они занимают?
14. Как устроена и работает вымольная машина? Как регулируют ее производительность?
15. Какова схема привода виброцентрофугала РЗ-БЦА и характер движения основных рабочих органов?
16. Как регулируют подсос воздуха в энтолейторе РЗ-БЭР?
17. Какие факторы влияют на производительность и эффективность работы энтолейтора?
18. Каково устройство основных узлов деташера А1-БДГ?
19. Каково устройство и принцип действия дробильно-сортировочно-очистительной машины для какао-бобов?
20. Какие факторы влияют на повышение эффективности работы дробильно-сортировочно-очистительной машины для какао-бобов?



## Глава 11

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКООБРАЗНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

В этом разделе описаны машины и аппараты для разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред путем отстаивания, фильтрования, центрифугирования и сепарирования.

*Отстаиванием* называется процесс разделения неоднородных жидких смесей на фракции, различающиеся по плотности, в поле гравитационных сил.

*Фильтрацией* называется процесс отделения осадка от суспензий при помощи пористых, фильтрующих перегородок, которые задерживают осадок и пропускают осветленную жидкость.

*Центрифугированием* называется разделение неоднородных суспензий на фракции в поле центробежных сил. Различают отстойное и фильтрационное центрифугирование.

*Сепарированием* называется процесс разделения неоднородных жидких смесей на фракции, различающиеся по плотности, в поле действия центробежных сил.

#### 11.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКООБРАЗНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Жидкообразные неоднородные пищевые среды представляют собой мутную полидисперсную систему, состоящую из грубых и мелкодисперсных частиц, коллоидных веществ. Для их осветления применяют отстаивание, фильтрование, центрифугирование и сепарирование.

Отстойное центрифугирование используется для разделения плохо фильтрующихся суспензий с малой концентрацией, а также для классификации суспензий по крупности и удельному весу частиц.

Фильтрационное центрифугирование применяется для разделения суспензий, имеющих дисперсионную фазу кристаллической или зернистой структуры, а также для обезвоживания влажных материалов, поры которых целиком или частично заполнены жидкостью.

Фильтрационное центрифугирование получило распространение в сахарной промышленности для фуговки утфеля.

Утфель представляет собой двухфазную вязкую массу, содержащую 45...60 % по объему кристаллов сахара и межкристалльный раствор.

Процесс фуговки осуществляется за счет действия центробежной силы на утфель, загруженный в цилиндрический перфорированный ротор центрифуги, вращающейся с окружной скоростью 50...90 м/с (рис. 11.1). Для лучшего отделения межкристалльного оттека и задержания кристаллов сахара внутри ротора центрифуги устанавливают подкладочные и фильтрующие сита.

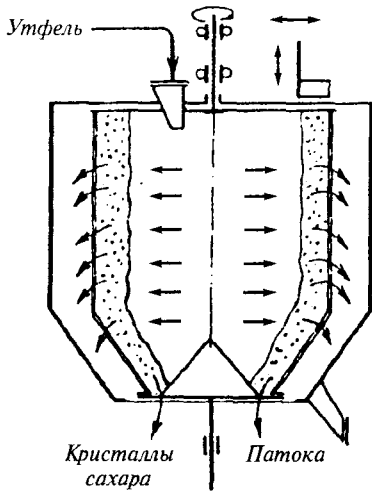


Рис. 11.1. Схема работы центрифуги

Процесс фуговки утфеля делится на три периода: образование осадка, уплотнение и механическая сушка осадка. Первый период — обычная фильтрация, причем давление обуславливается гидравлическим напором под действием центробежных сил.

Во время второго периода центрифугируемая масса представляет собой двухфазную систему, причем вначале твердые частицы имеют минимум точек касания.

В дальнейшем происходит сближение частиц с уменьшением объема пор массы и выжимание жидкой фазы из этих пор. На межкристальную жидкость оказывают давление твердые частицы и центробежные силы. С течением процесса сжатия осадка число точек касания между частицами увеличивается. Одновременно давление на жидкость, вызван-

ное действием поля центробежных сил, падает вследствие уменьшения гидравлического напора по мере удаления межкристального раствора. Когда уровень жидкости опускается до дренирующего слоя, начинается третий период.

К началу третьего периода на поверхности кристаллов и в местах их соприкосновения остается межкристальная паточка, удерживаемая капиллярными и молекулярными силами. Этот период характеризуется стеканием патоки по незаполненным порам с поверхности кристаллов до тех пор, пока силы молекулярного сцепления оставшейся пленки патоки на кристаллах уравниваются центробежными силами. Чтобы удалить оставшийся на поверхности кристаллов раствор, их промывают водой и сушат паром (пробелка).

Одной из характеристик центрифуг является ускорение центробежного поля, создаваемого ими. Отношение центробежной силы к силе тяжести является фактором разделения  $\Phi_p$ :

$$\Phi_p = F_{ц.б} / P = \omega^2 R / g.$$

Рабочим органом сепаратора, в котором происходит процесс разделения, является барабан.

Принцип действия сепаратора-разделителя (рис. 11.2, а) заключается в следующем. Исходная гетерогенная система по центральной трубке поступает в тарелкодержатель, откуда по каналам, образованным отверстиями в тарелках, поднимается вверх комплект тарелок и растекается между ними. Под действием центробежной силы легкая фракция оседает на верхнюю поверхность нижележащей тарелки. По этой поверхности легкая фракция движется к центру барабана, далее по зазору между кромкой тарелки и тарелкодержателем поднимается вверх барабана и отводится по коммуникациям.

Тяжелая фракция в межтарелочном пространстве оттесняется к нижней поверхности тарелки. По этой поверхности фракция движется к периферии тарелки и по зазору между разделительной тарелкой и крышкой барабана поднимается вверх барабана, откуда отводится по специальным коммуникациям.

Сущность процесса осветления (рис. 11.2, б) заключается в следующем. Продукт, подвергавшийся очистке, по центральной трубке поступает в тарелкодержатель, из которого направляется в шламовое пространство между кромками пакета тарелок и крышкой. Затем жидкость поступает в межтарелочные пространства. По зазору между тарелкодержателем и верхними кромками тарелок поднимается вверх и через прорезь выходит из барабана. Процесс очистки начинается в шламовом пространстве и завершается в межтарелочных.

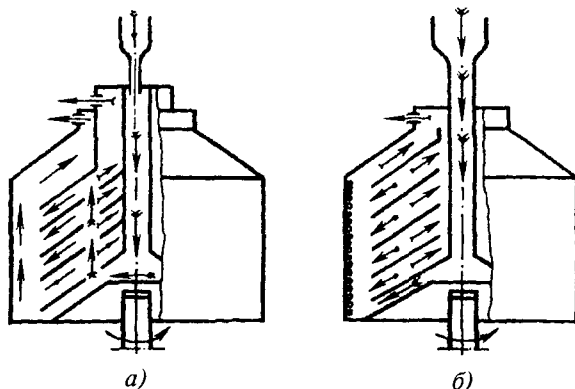


Рис. 11.2. Схема барабанов тарельчатых сепараторов:  
а — сепаратора-разделителя; б — сепаратора-осветлителя.  
← исходный продукт; ← легкая фракция;  
← тяжелая фракция; ○○○○ — осадок

Процесс разделения гетерогенных систем осуществляется главным образом в межтарелочном пространстве. При этом траектория частиц дисперсной фазы состоит из двух стадий. Легкая фракция дисперсной фазы движется к оси вращения (рис. 11.3, а), а тяжелая — к периферии (рис. 11.3, б).

Саморазгружающиеся сепараторы разделяются на две основные группы: с непрерывным и пульсирующим отводом осадка.

В сепараторах с непрерывным отводом осадка последний удаляется вместе с частью жидкой фазы через сопла в виде концентрированной тяжелой фракции.

В сепараторах с пульсирующим отводом осадка последний выбрасывается из барабана при перемещении подвижного элемента, открывающего разгрузочные щели на периферии барабана.

При полной разгрузке периодически прекращается поступление продукта на сепарирование, разгрузочные щели барабана открываются и все его содержимое, т.е. выделенный осадок и жидкая фаза, выбрасывается в приемник.

Основные конструктивные факторы, которые оказывают существенное влияние на эффективность процесса сепарирования, вытекают из формул для определения производительности сепараторов. К этим факторам относятся частота вращения барабана, размеры барабана и тарелок, расстояния между тарелками.

Движущей силой фильтрации является разность давлений на входе в фильтр, состоящем из фильтрующей перегородки и слоя осадка, и на выходе из него.

Для создания разности давлений на одной стороне фильтрующего слоя должно быть избыточное давление или вакуум, в любом случае фильтрат (очищенная жидкость) поступает в сторону пониженного давления.

В качестве фильтрующих перегородок используют ткани (хлопчатобумажные, бязь, лавсан, бельтинг, капроновые, нейлоновые), ацетатцеллюлозу, полисульфон, листовой картон, металлокерамику, намывные фильтры (диатомитовые, керамические, гравиевые), патронные фильтры.

Таким образом, процесс фильтрации основан на задержании твердых взвешенных частиц фильтрующими перегородками, способными пропускать только жидкость и задерживать частицы твердой фазы. При прохождении суспензии через пористую перегородку за счет разности давлений до и после перегородки жидкая

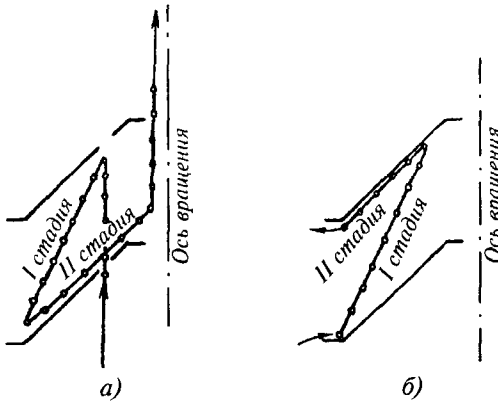


Рис. 11.3. Схема движения частиц дисперсной фазы в межтарелочном пространстве сепараторов с подачей жидкости:

а — в сепараторе-разделителе; б — в сепараторе-осветлителе

фаза проходит через поры перегородки и собирается в виде освобожденного от твердых примесей фильтрата, а твердые частицы задерживаются на поверхности фильтрующей перегородки, образуя слой осадка. Образующийся на поверхности перегородки слой осадка используется как фильтрующая среда: исходная суспензия, проходя через пористые каналы слоя осадка, частично освобождается от примесей.

Для уменьшения его гидравлического сопротивления необходимо периодически удалять большую часть осадка с фильтрующей перегородки.

Характер и толщина слоя осадка, отлагающегося на поверхности фильтрующей перегородки, являются важными параметрами, определяющими эффективность фильтрации.

Различают два типа осадков:

- несжимаемые — получаемые из недеформируемых (кристаллических) частиц;
- сжимаемые — получаемые из деформируемых (аморфных) частиц.

Скорость фильтрования суспензий, образующих несжимаемые осадки, растет с увеличением давления на жидкость, а при одном и том же давлении зависит только от толщины слоя осадка.

При образовании сжимаемых осадков с повышением давления осадок сжимается, поры его уменьшаются и скорость фильтрации снижается. Следовательно, в этом случае скорость фильтрации растет не пропорционально разности давлений, а имеет некоторое отставание. Более того, скорость фильтрации при некоторой разности давлений не только не увеличивается, а, наоборот, уменьшается вследствие сжатия осадка.

Исходя из этого, процесс фильтрования ведут двумя способами: при постоянном давлении суспензии и уменьшающейся скорости фильтрования; при постоянной скорости фильтрования и переменном возрастающем давлении.

На скорость фильтрации влияют следующие основные факторы: перепад давления, действующего на суспензию; толщина слоя осадка на фильтре; структура и характер осадка; состав, вязкость и температура суспензии.

На основе анализа многочисленных экспериментальных работ можно считать, что движение фильтруемой среды при протекании через поры осадка и через поры фильтрующей перегородки носит ламинарный характер вследствие малого размера пор и небольшой скорости движения жидкости. Поэтому скорость движения жидкости в порах  $v$  (м/с) можно определить из известного закона ламинарного течения — уравнения Пуазейля

$$v = \Delta p d^2 / 32\mu l,$$

где  $\Delta p$  — перепад давления в фильтре, Па;  $d$  — диаметр пор, м;  $\mu$  — вязкость суспензии, Па·с;  $l$  — длина пор, м.

Тогда объем фильтра  $V$  ( $\text{м}^3$ ) за время  $\tau$  (с) рассчитывается по формуле

$$V = vF\tau,$$

где  $v$  — скорость движения жидкости в порах, м/с;  $F$  — площадь сечения пор фильтра,  $\text{м}^2$ .

Если в вышеприведенной формуле принять  $F = 1 \text{ м}^2$ , то уравнение фильтрации запишется в виде

$$V / \tau = \Delta p d^2 / 32\mu l.$$

Таким образом, скорость фильтруемой среды, проходящей через единицу поверхности фильтрующей перегородки и единицу поверхности несжимаемого осадка на фильтре, выражается уравнением

$$dV / d\tau = F_0 (P_\phi + P_0) / \mu(\rho_1 h_1 + \rho h),$$

где  $F_0$  — общая поверхность фильтра,  $\text{м}^2$ ;  $P_\phi$  и  $P_0$  — соответственно падение давления при прохождении суспензии через фильтрующую перегородку и через слой осадка, Па;  $h_1$  и  $h$  — толщина фильтрующей перегородки и слоя осадка, м;  $\rho_1$  и  $\rho$  — коэффициенты сопротивления фильтрации соответственно фильтрующей перегородки и слоя осадка,

$$\rho_1 = 8\alpha_1 / n_1 \pi r^4, \quad \rho = 8\alpha / n \pi r^4,$$

где  $\alpha$  и  $\alpha_1$  — поправочные коэффициенты, учитывающие криволинейность капилляров соответственно фильтрующей перегородки и слоя осадка;  $r$  и  $r_1$  — радиус пор фильтрующей перегородки и осадка, м;  $n$  и  $n_1$  — число капилляров (пор) на фильтрующей перегородке и в осадке на  $1 \text{ м}^2$  поверхности фильтра.

Применение мембранных методов в пищевой промышленности позволяет проводить очистку и концентрирование растворов без подогрева и выпаривания. Они используются также для подготовки технологической воды, стабилизации безалкогольных напитков и виноградных вин, концентрирования натуральных соков, пастеризации, извлечения ценных компонентов из технологических стоков различных производств, очистки промышленных стоков и т. д. Применение мембранных процессов в пищевой технологии позволяет значительно снизить энергоемкость процессов обезвоживания фруктовых и овощных соков, сиропов, экстрактов по сравнению с процессами выпаривания или вымораживания, улучшить качество и повысить выход получаемых продуктов.

**Мембранные процессы** классифицируют по среднему размеру пор (рис. 11.4) на обычную фильтрацию, микрофильтрацию, ультрафильтрацию и обратный осмос.

К процессам обычного фильтрования принято относить гидромеханические процессы, не осложненные физико-химическими явлениями. На рис. 11.4 такие процессы проходят на фильтрующих перегородках с диаметром пор от 1 мкм и более.

**Микрофильтрация.** Промежуточное положение между обычной фильтрацией и мембранными процессами занимает микрофильтрация. Принято считать, что поры микрофильтрационных мембран имеют средний размер от 0,1 до 10 мкм. В этих процессах могут отделяться как мельчайшие частицы механической примеси, так и отдельные клеточные организмы и частицы клеток, как, например, дрожжевые клетки в процессах микрофильтрации продуктов брожения. Процессы микрофильтрации осложняются образованием гелеобразных слоев на поверхности фильтрующей перегородки, которую в дальнейшем будем называть микрофильтрационной мембраной.

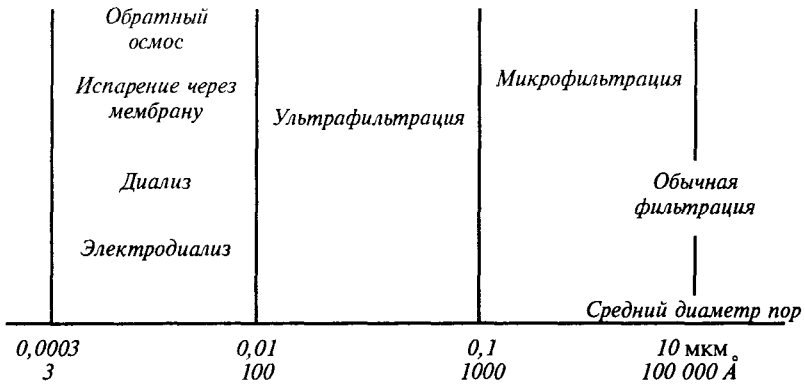


Рис. 11.4. Классификация мембранных процессов

**Ультрафильтрация** — это процесс разделения, фракционирования и концентрирования растворов с помощью полупроницаемых мембран. При этом жидкость непрерывно подается в пространство над мембраной под давлением 0,1...1,0 МПа. Процессы ультрафильтрации выполняют на мембранах со средним диаметром пор от 0,01 до 0,1 мкм, называемых ультрафильтрационными мембранами. В процессах ультрафильтрации из исходной смеси отделяют самые мелкие бактерии и сферические вирусы, крупные белковые молекулы и т. п. Эти процессы используют для стерилизации жидких сред.

В отличие от процессов микрофильтрации ультрафильтрация может сопровождаться адсорбцией растворенных веществ на поверхности пор мембраны и даже межмолекулярным взаимодействием. Все это в значительной степени осложняет расчет процессов ультрафильтрации.

При ультрафильтрации исходный раствор разделяется на два принципиально новых продукта: низкомолекулярный (фильтрат) и высокомолекулярный. Фильтрат проходит сквозь мембрану и удаляется через дренажную систему, а высокомолекулярный продукт концентрируется. Ультрафильтрация позволяет выделять молочные белки из вторичных продуктов молочной промышленности и ценные вещества из других пищевых растворов, получать дополнительные резервы производства продуктов питания. Например, выход фруктовых соков из исходного продукта при ультрафильтрации увеличивается до 95...99 %.

Ультрафильтрацией обезжиренного молока получают молочный концентрат, который используют в производстве различных видов сыров, творожных масс и кисломолочных продуктов, что увеличивает выход продукции.

Ультрафильтрация сырого сахарного сока позволяет получить чистый, свободный от коллоидов фильтрат, идущий непосредственно на кристаллизацию сахарозы.

Ультрафильтрация успешно заменяет пастеризацию пива. При этом из пива удаляются бактерии и высокомолекулярные вещества, ухудшающие его качество и снижающие стабильность. Стоимость обработки пива ультрафильтрацией в 2,5 раза ниже, чем пастеризацией.

**Обратный осмос.** Мембраны для процессов обратного осмоса имеют поры, средний диаметр которых не превышает 0,01 мкм. Так как на практике используют обратноосмотические мембраны с размерами пор значительно ниже указанной границы, принято измерять средний диаметр пор в ангстремах.

Если крепкий раствор соли отделить от слабого раствора полупроницаемой мембраной, то вода немедленно начинает просачиваться сквозь мембрану от слабого раствора к крепкому. Силу, заставляющую воду проникать через микропоры мембраны, называют осмотическим давлением.

Если приложить к сосуду с концентрированным раствором внешнее давление, то перенос воды через мембрану сначала уменьшится, а затем, когда внешнее давление станет равно осмотическому, вообще прекратится. Дальнейшее увеличение давления заставит воду проходить в обратном направлении, т. е. от концентрированного раствора к разбавленному. Это и есть обратный осмос.

Для всех мембранных процессов характерно накопление на поверхности мембраны частиц веществ, которые не проходят через мембрану. Это явление получило название концентрационной поляризации. Образующийся слой часто обладает меньшей проницаемостью, чем сама мембрана. Чтобы разрушить слой, необходимо перемешивать жидкость над поверхностью мембраны. Поэтому подавляющее большинство мембранных аппаратов работает в проточном режиме.

Обработка виноградных вин обратным осмосом позволяет решить вопрос их стабилизации. При использовании обратного осмоса через мембрану проходят вода и этиловый спирт, а ионы калия и винная кислота остаются в концентрате, из которого интенсивно выпадает винный камень. После фильтрования концентрата его смешивают с фильтратом, что повышает его стабильность на длительный срок.

Обратным осмосом концентрируют яичный белок. При этом не происходит денатурирования протеинов и получают яичный белок с содержанием протеинов до 30 %.

Разделение методами обратного осмоса и ультрафильтрации принципиально отличается от обычного фильтрования. При обратном осмосе и ультрафильтрации образуются два раствора: концентрированный и разбавленный, в то время как при фильтровании осадок откладывается на фильтровальной перегородке. В процессе обратного осмоса и ультрафильтрации накопление растворенного вещества у поверхности мембраны (вследствие концентрационной поляризации) недопустимо, так как при этом резко снижаются селективность (разделяющая способность) и проницаемость (удельная производительность) мембраны, сокращается срок ее службы.

Для идеальных растворов осмотическое давление  $P$  зависит от концентрации раствора

$$P = xRT,$$

где  $x$  — концентрация, кг/м<sup>3</sup>;  $R$  — универсальная газовая постоянная, Дж/(кг·К);  $T$  — температура раствора, К.

В случае реальных растворов требуется вводить поправку

$$P = \alpha xRT,$$

где  $\alpha$  — осмотический коэффициент, оцениваемый обычно по понижению точки замерзания исследуемого раствора.

В пищевой промышленности обратный осмос применяют при подготовке технологической воды, при концентрировании термолабильных растворов, в том числе фруктовых и овощных соков.

В связи с тем, что процессы микрофильтрации, ультрафильтрации и обратного осмоса осуществляют под избыточным давлением, поэтому их принято называть баромембранными процессами.

Так как в баромембранных процессах разделения наблюдается некоторая аналогия с обычным фильтрованием, отметим принципиальные отличия мембранных процессов. В процессе простого фильтрования частицы, содержащиеся в исходной смеси, задерживаются внутри пор фильтрующей перегородки или на ее поверхности с образованием слоя осадка. С течением времени фильтрующая перегородка забивается мелкими частицами и скорость фильтрования падает. Процесс останавливают и фильтрующую перегородку (например, фильтровальный картон) выбрасывают или регенерируют (фильтровальная ткань). В процессах с образованием слоя дополнительно вначале удаляют слой осадка.

Если представить себе мембрану с равномерными порами, то при разделении смеси, содержащей частицы размером большим, чем размер пор, справедливо полагать, что ни одна частица не проникнет в пору и не закупорит ее. В этом случае мембрана обеспечивает разделение исходной смеси на два потока, один из которых проходит через мембрану (фильтрат), а второй (концентрат) уносит отделяемые компоненты смеси на следующую степень разделения или в сброс.

Главная особенность мембранного разделения заключается в том, что в условиях, когда размеры пор мембраны соизмеримы с размерами молекул растворителя и растворенного вещества, совершенно меняется механизм фильтрования. Можно выделить несколько последовательных стадий мембранного процесса: перенос компонентов исходного потока к поверхности мембраны; проникновение этих компонентов в мембрану; прохождение их через мембрану; выход компонентов из мембраны с противоположной стороны; распространение прошедших через мембрану компонентов в растворе справа от мембраны.

Поток веществ  $m$  через мембрану равен

$$m = k\Delta C,$$

где  $k$  — коэффициент проницаемости, характеризующий скорость процесса, кг/(м<sup>2</sup>·с),  $\Delta C$  — движущая сила процесса, кг/кг.

К важнейшим технологическим параметрам баромембранных процессов относятся скорость фильтрации, полнота разделения (селективность) и проницаемость компонентов.

Скоростью фильтрации называют объемный расход фильтрата, получаемого в единицу времени с 1 м<sup>2</sup> площади мембраны.

Разделяющую способность мембраны принято характеризовать селективностью  $R$  (%)

$$R = 100(C_1 - C_2) / C_1,$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — концентрации задерживаемого вещества в исходном растворе и фильтрате.

Иногда  $R$  называют коэффициентом солезадержания.

Проницаемость  $G$  (л/(м<sup>2</sup>·ч)) при данном давлении выражается соотношением

$$G = V/(F\tau),$$

где  $V$  — объем фильтрата, л;  $F$  — рабочая площадь поверхности мембраны, м<sup>2</sup>;  $\tau$  — продолжительность процесса, ч.



Разделение обратным осмосом и ультрафильтрацией происходит без фазовых превращений. Работа  $A_m$  (Дж) расходуется на создание давления в жидкости и продавливание ее через мембраны:

$$A_m = A_c + A_{пр},$$

где  $A_c$  — работа на сжатие жидкости, Дж;  $A_{пр}$  — работа на продавливание жидкости через мембрану, Дж.

Так как жидкость несжимаема, величиной  $A_c$  обычно пренебрегают. Работа на продавливание жидкости равна

$$A_{пр} = \Delta p V,$$

где  $\Delta p$  — перепад давления на мембране, Н/м<sup>2</sup>;  $V$  — объем продавливаемой жидкости, м<sup>3</sup>.

## 11.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

**Классификация мембранных модулей и аппаратов.** Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации бывают периодического и непрерывного действия.

По способу расположения мембран аппараты делятся на аппараты типа «фильтр-пресс» с плоскокамерными фильтрующими элементами, аппараты с цилиндрическими и рулонными элементами и аппараты с мембранами в виде полых волокон.

Перечисленные аппараты состоят из отдельных секций или модулей, что позволяет собирать аппараты с различной площадью поверхности разделения.

В зависимости от формы мембраны и типа ее укладки мембранные аппараты делят на четыре группы.

1. Аппараты, составленные из модулей типа фильтр-пресс с плоскопараллельными фильтрующими элементами (рис. 11.5). Модуль состоит из рам и опорных дренажных плит, через поры которых отводится фильтрат. Ширина канала, по которому движется исходная жидкость, зависит от толщины прокладки (рамки) и обычно составляет 0,8...1,0 мм. Модули устанавливают на общей раме, а разделяемая жидкость может последовательно перетекать из одного модуля в другой или подаваться в каждый модуль независимо. В пределах одного модуля жидкость движется по каналам параллельно.

Аппараты, составленные из модулей типа фильтр-пресс, просты по конструкции, удобны при монтаже и обслуживании. Недостатки аппаратов этого типа — низкая скорость движения жидкости в канале, необходимость ручной сборки и разборки, сравнительно небольшая удельная фильтрующая поверхность.

2. Аппараты с трубчатыми фильтрующими элементами. Изготавливают трубчатые элементы двух типов: мембрану 1 наносят на внутреннюю поверхность пористой несущей трубки 2 (рис. 11.6, а) или на внешнюю поверхность (рис. 11.6, б) и закрывают кожухом 3. Элементы с внутренней мембраной выгодно использовать в бескорпусных аппаратах, когда фильтрат свободно изливается через поверхность трубок и собирается в установленных внизу лотках. При движении исходного раствора по трубкам вдоль мембраны обеспечиваются наилучшие гидродинамические условия процесса.

К трубчатым фильтрующим элементам относятся также цилиндрические патроны, состоящие из цилиндрического пористого каркаса, покрытого мембраной. Патроны снабжены уплотнительными устройствами, позволяющими набирать из них трубы заданной длины.

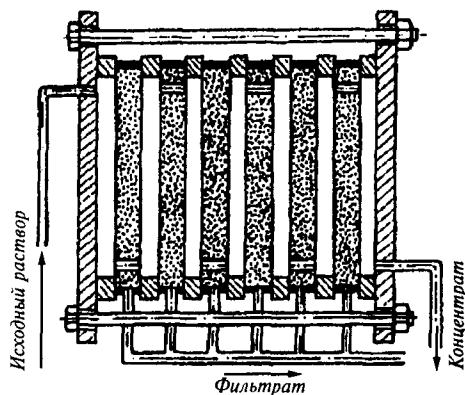


Рис. 11.5. Схема мембранного модуля типа  
фильтр-пресс

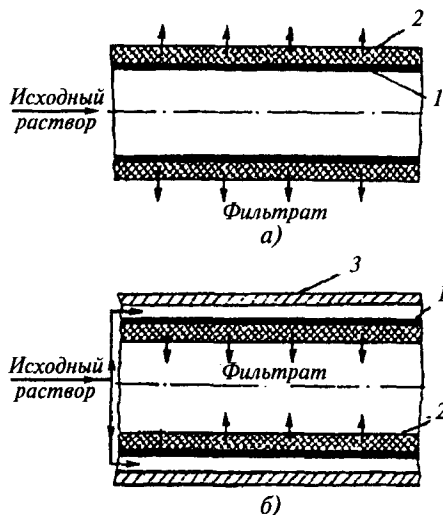


Рис. 11.6. Схема трубчатого фильтрующего  
элемента с мембраной:

а — на внутренней поверхности; б — на внешней  
поверхности

Трубчатые модули характеризуются сравнительно малой удельной поверхностью фильтрации.

3. Аппараты с рулонными или спиральными модулями. Спиральный модуль устройством напоминает спиральный теплообменник. Спираль модуля состоит из ленты упругого дренажного материала 3, с двух сторон покрытого ленточными мембранами 2. Поверх мембран уложена сетка 1 сепаратора. Такую многослойную ленту сворачивают в рулон (рис. 11.7) и помещают в цилиндрический корпус. Исходный раствор с торца рулона поступает сразу во все каналы спирали, проходит по ним и отводится в виде концентрата с противоположного торца. Фильтрат по дренажному слою перемещается от периферии к центру спирали и выводится из аппарата через центральную трубку.

Известны модули с вспомогательными трубками для отвода фильтрата, установленными в нескольких местах рулона, модули с торцовым отводом фильтрата и целая гамма конструкций, отличающихся способом укладки рулона.

Недостатки аппаратов этого типа — необходимость замены всего модуля при местном повреждении мембраны, а также сложность герметизации при высоком рабочем давлении.

Преимущества модулей рулонного типа — высокая плотность укладки мембран и малая металлоемкость. На преимущества этой конструкции указывает тот факт, что уже сейчас в мире действуют установки с модулями этого типа для опреснения воды производительностью до 10 000 м<sup>3</sup> в сутки.

4. Модули с мембранами типа полых волокон. Эти модули конструктивно напоминают модули с трубчатыми мембранами. Крепление волокон в торцах модуля осуществляется заливкой концов клеем на основе эпоксидных смол. Полые волокна, достаточно устойчивые по отношению к внешнему и внутреннему давлению, не нуждаются в поддерживающем каркасе, поэтому возможна их плотная укладка в виде прядей внутри модуля. Такие модули характеризуются наибольшей удельной по-

верхностью фильтрации. Недостатки модулей с фильтрующими волокнами — возможность обеспечить перемешивание раствора вне волокна, тем более внутри его, а также необходимость предварительной тщательной очистки раствора от посторонних частиц. Модули из полых волокон используют в основном в процессах обратного осмоса.

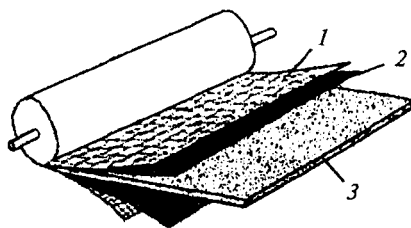


Рис. 11.7. Схема рулонного фильтрующего модуля

Мембранные аппараты имеют большую удельную площадь поверхности разделения, просты в сборке и монтаже, надежны в работе. Перепад давления в аппаратах небольшой.

Недостатком аппаратов для обратного осмоса является высокое рабочее давление, что приводит к необходимости использования специальных уплотнений трубопроводов и арматуры, рассчитанных на высокое давление.

Общая классификация центрифуг может быть дана в зависимости от основных характеристик машин (рис. 11.8). В первую очередь центрифуги классифицируются по фактору разделения. В зависимости от этой характеристики различают нормальные, у которых  $\Phi_p < 3000$ , и сверхцентрифуги, у которых  $\Phi_p > 3000$ . По осуществлению рабочего процесса центрифуги разделяются на непрерывно и периодически действующие.

В сахарной промышленности применяют нормальные и фильтрующие центрифуги.

По способу удаления осадка из ротора различают центрифуги с ручной, гравитационной, ножевой, пульсирующей, шнековой и инерционной выгрузкой.



Рис. 11.8. Классификация центрифуг сахарного производства



По характеру расположения вала, на котором закрепляется ротор, различают центрифуги с вертикальным и горизонтальным расположением вала. Центрифуги с вертикальным валом в зависимости от расположения опоры вала могут быть подвесные, когда опора расположена выше центра тяжести ротора, а ротор укреплен внизу вала, и центрифуги, ротор которых расположен на верхнем конце вала.

Сепараторы могут быть классифицированы по следующим признакам (рис. 11.9): технологическое назначение сепараторов; тип сепараторов по конструкции барабана; способ выгрузки осадка (шлама); принцип и характер выгрузки осадка; конструкция устройства для выгрузки осадка; способ подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования; область применения (отрасль промышленности); вид привода сепаратора.

По технологическому назначению сепараторы делятся на три основных класса:

- 1) сепараторы-разделители, применяемые для разделения смеси жидкостей, не растворимых одна в другой, и для концентрирования суспензий и эмульсий;
- 2) сепараторы-осветлители, предназначенные для выделения твердых частиц из жидкости;
- 3) комбинированные сепараторы, служащие для выполнения двух или более операций переработки жидкой смеси.

Комбинированные сепараторы называют универсальными, что подчеркивает их многостороннее назначение. К классу комбинированных относят сепараторы, в которых процесс разделения совмещается с каким-либо другим процессом. Так, известны сепараторы-экстракторы, сепараторы-реакторы.

К классу сепараторов-осветлителей можно отнести еще две группы: сепараторы, предназначенные для дальнейшего диспергирования (гомогенизации) дисперсной фазы эмульсий и их очистки от примесей (эти сепараторы получили название кларификаторы, иногда их относят к комбинированным), и сепараторы для удаления из жидкостной системы микроорганизмов, скапливаемых в шламовом пространстве вместе с другими механическими примесями.

Типы сепараторов по конструкции барабана разделяют на две группы: тарельчатые и камерные. Ротор тарельчатых сепараторов укомплектован пакетом конических вставок (тарелок), которые делят поток обрабатываемой жидкости на параллельные тонкие слои; ротор камерных сепараторов имеет реберную вставку (при одной камере) или комплект концентричных цилиндрических вставок, разделяющих его объем на кольцевые камеры, по которым обрабатываемая жидкость протекает последовательно.

Тарельчатые сепараторы независимо от отрасли их применения и назначения можно подразделить на два основных типа. Первый тип сепараторов имеет тарелки, обеспечивающие подачу жидкости в межтарелочные пространства через отверстия, имеющиеся в самих тарелках. Такие сепараторы очень часто называют сепараторами с центральной подачей жидкости на тарелки. К этому типу относятся и сепараторы, в которых жидкость на вершину тарелок поступает из прорезей в тарелкодержателях. Второй тип сепараторов характеризуется тем, что жидкость в межтарелочные пространства поступает с периферии и движется к центру барабана. Тарелки в этих сепараторах в большинстве своем отверстий не имеют.

По способу подвода исходной гетерогенной системы и отвода продуктов сепарирования различают сепараторы трех типов: открытые, полузакрытые и герметические.

В открытых сепараторах подача в ротор жидкой смеси и отвод полученных жидких фракций осуществляются открытым потоком. Процесс сепарирования не изолирован от доступа воздуха.

В полузакрытых сепараторах жидкость подается в ротор открытым или закрытым потоком, а отвод одной или обеих жидких фракций происходит под давлением по закрытым трубопроводам. Процесс сепарирования не изолирован от доступа воздуха.

Роторы полузакрытого типа отличаются от роторов открытого типа наличием устройства для вывода продуктов сепарирования под давлением.

В герметических сепараторах подача в ротор исходной жидкости и отвод жидких фракций происходят под давлением по закрытым трубопроводам, герметически соединенным с выпускными патрубками, процесс сепарирования в них изолирован от доступа воздуха. Роторы герметических сепараторов отличаются от роторов открытых и полузакрытых сепараторов конструкцией подводящих и отводящих устройств.

По виду привода сепараторы подразделяют на три группы: с ручным, комбинированным и электромеханическим приводом.

Фильтры классифицируются в зависимости от признака на следующие типы:

— по виду давления, создаваемого для движения фильтруемой среды, — на вакуум-фильтры и фильтр-прессы;

— по типу фильтрующих перегородок — на рамные, листовые, дисковые, патронные, трубчатые;

— по способу очистки — с ручной, механизированной и с регенеративной очисткой;

— по способу действия — периодического и непрерывного действия.

В пищевой промышленности прессы применяются для отделения жидкой фазы от твердой (например, предварительного или окончательного отжатия пищевого растительного сырья при производстве соков), для брикетирования, гранулирования и т. д.

По конструкции прессы могут быть шнековыми, ленточными, валковыми, поршневыми и т. д.

### 11.3. ОТСТОЙНИКИ, ЦЕНТРИФУГИ И СЕПАРАТОРЫ

*Отстойники* служат для разделения жидких неоднородных сред с разной плотностью их дисперсной и дисперсионной фаз.

В сахарной промышленности для разделения сока I сатурации используются отстойники типа Дорра, Пассоса, Чугунова, системы Гипросахара и др.

В отстойнике получается 75...80 % осветленного сока и 20... 25 % сгущенного осадка к массе нефильтрованного сока I сатурации. Осветленный сок поступает на контрольную фильтрацию, а сгущенная суспензия направляется на вакуум-фильтры.

Отстойники изготавливаются производительностью по переработке свеклы 1000...2500 т/сут диаметром 4000...5500 мм и высотой 4000...6500 мм; общая вместимость отстойников составляет 95...150 м<sup>3</sup>.

Все отстойники имеют в принципе одинаковую конструкцию и различаются устройствами для подвода нефильтрованного сока I сатурации, отвода осветленного сока и удаления сгущенной суспензии.

Наиболее рациональным способом отвода сгущенной суспензии является отвод ее из каждой секции после сгущения до определенной плотности. Такой отвод позволяет избежать дополнительного перемешивания сгущенной суспензии при переходе ее из одной секции отстойника в другую с соком I сатурации и улучшает процесс отстаивания.

В различных конструкциях отстойников отвод осветленного сока из секций осуществляется с помощью одного периферийного кольца или четырех концентрических колец, расположенных друг от друга на одинаковом расстоянии.

При непрерывном процессе отстаивания при постоянной производительности в каждой секции отстойника устанавливается постоянная поверхность раздела между осветленной жидкостью и сгущенной суспензией. Эта поверхность располагается по высоте секции, где общая скорость потока осветляемой суспензии допускает осаждение частиц твердой фазы. Осветленная жидкость, находящаяся над поверхностью раздела, непрерывно удаляется, а под эту поверхность подводится сок I сатурации. Сгущенная суспензия отводится также из-под этой поверхности. Основным фактором, влияющим на высоту и объем отстойника, является скорость потоков осветляемой суспензии, осветленной жидкости и сгущенной суспензии. Осаждение твердых частиц суспензии независимо от режима потоков возможно в тех случаях, когда вертикальная составляющая скорости вихрей не превышает скорости осаждения твердых частиц суспензии в спокойной среде.

Рассредоточенный отвод жидкости можно осуществить, например, при помощи кольцевых труб. При расположении отверстий на трубах для отвода осветленного сока необходимо живое сечение их принимать таковым, чтобы скорость входа сока в них была одинаковой и не превышала допустимой скорости.

Равномерный подвод неосветленной суспензии от трубовала отстойника к поверхности раздела проще всего осуществлять при помощи конструкции, которая несет скребки для удаления сгущенной суспензии, но при этом необходимо учитывать, что скорость ввода неосветленной суспензии должна быть ниже скорости осаждения твердых частиц суспензии.

**Отстойник системы Чугунова** (рис. 11.10) имеет общую площадь поверхности отстаивания  $9,4 \text{ м}^2$  на 100 т переработки свеклы при высоте всех секций 800 мм.

Сок I сатурации поступает в подготовительную секцию 1, имеющую мешалку 5, где от него отделяется пена, затем при помощи специальной лопасти направляется в приемник 3. Далее сок через окна 4 поступает во внутреннюю часть трубовала 2, откуда через насадки 17 попадает в отдельные секции отстойника. Равномерное распределение сока по отдельным секциям достигается при помощи вставок 6. Отвод осветленного сока осуществляется через кольцевые трубы 7, расположенные по периферии в верхней части секций. Корпус 9 отстойника имеет воздушную оттяжку 10 и люки 15.

Сгущенная суспензия с днищ 14 отдельных секций лопастями 16 мешалок 11 направляется в сборники 13, в которых перемешивается лопатками 12. Отвод сгущенной суспензии осуществляется из каждой секции по трубам 8.

И. Г. Чугунов установил, что осветление сока и окончательное уплотнение суспензии можно осуществить в один прием в секциях небольшой высоты. Время пребывания сока в рабочих секциях такого отстойника было доведено до 80 мин.

Производительность отстойников зависит от площади осаждения и скорости осаждения твердых частиц суспензии. Средняя скорость осаждения осадка в таком отстойнике составляет 0,54 м/ч, а продолжительность пребывания сока — около 2,5 ч, что влечет за собой большое нарастание цветности.

Скорость опускания поверхности раздела осветленного сока и сгущенной суспензии при осаждении изменяется. Сначала скорость увеличивается, затем при достижении определенного максимума приобретает постоянную величину, по окончании массового осаждения скорость резко падает.

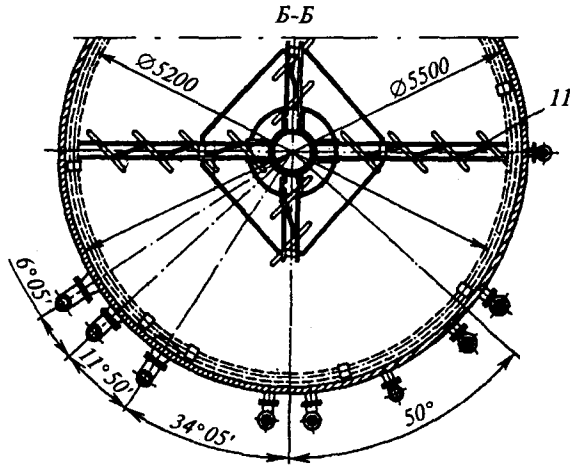
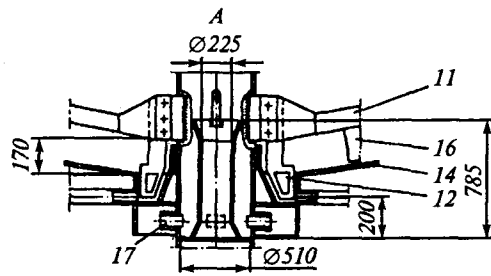
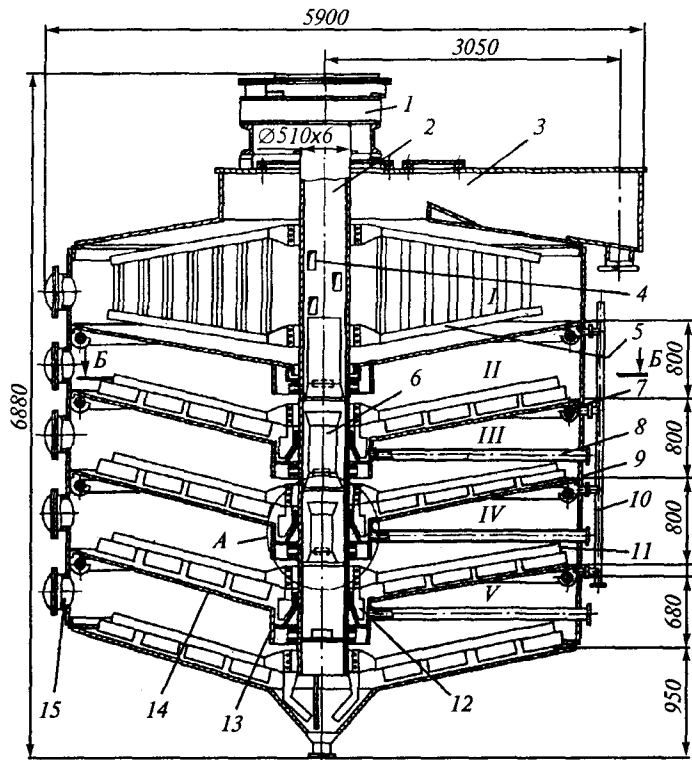


Рис. 11.10. Отстойник системы Чугунова



Одним из недостатков отстойников такого типа является неравномерная загрузка секций осадком. Это связано с двухступенчатым осаждением осадка: осадок уплотняется в рабочем ярусе, а затем сталкивается в нижележащий ярус для окончательного уплотнения. При движении в камеру окончательного уплотнения осадок проходит через слой движущегося сока и несколько теряет достигнутую ранее плотность.

### Техническая характеристика отстойника системы Чугунова

Производительность, т/сут . . . . .	1000
Площадь осаждения, м <sup>2</sup> . . . . .	95
Число ярусов, шт. . . . .	5
Полезная вместимость, м <sup>3</sup> . . . . .	140
Габаритные размеры, мм . . . . .	5900×5900×6880
Масса, кг . . . . .	22 400

**Гравитационный отстойник РЗ-ПОС-1,5** (рис. 11.11) представляет собой вертикальный цилиндрический корпус 22 диаметром 5,5 м с коническим днищем 2 и крышкой 15. Внутри корпуса установлены вертикальные перегородки 21, разделяющие отстойник на пять изолированных рабочих ярусов 20 высотой 800 мм и вместимостью 18 м<sup>3</sup> каждый. Верхний шестой ярус 17 является подготовительным.

По вертикальной оси отстойника проходит трубовал 9, который вращается с помощью привода, состоящего из червячной пары 10, редуктора 11, передачи 12 и электродвигателя 13. К трубовалу приварены питатели 5, через которые нефильтрованный сатурированный сок поступает в каждый из пяти ярусов, а также сгребальные устройства 4, служащие для подачи осадка к центру — в грязевые камеры 1. Трубы 3 служат для отвода осадка из грязевых камер отстойника, а коллекторы 6 с отверстиями в нижней части — для отвода осветленного сока в наружные коллекторы 19.

Отстойник снабжен люками 7 для осмотра и очистки, а также патрубками 18 — для входа сока, 23 — для выхода сгущенной суспензии и 27 — для выхода декантата.

В верхнем ярусе отстойника расположен паровой барботер 16, представляющий собой кольцевую трубу с отверстиями для прохода пара и предназначенный для гашения образовавшейся пены.

Короб 25 с патрубком 26 предназначен для отвода избытка пены.

Нефилтрованный сок через патрубок 18 и коллектор 24 поступает в верхний подготовительный ярус 17 отстойника. Этот ярус предназначен для отделения газа и воздуха, а также отделения и гашения пены. В верхней части подготовительного яруса вследствие установленной здесь переливной трубы образуется свободный объем для пены. Труба имеет гидравлический затвор, предотвращающий сброс через нее пены. Отделенная пена лопастью 14 сбрасывается в пеноотводящий короб 25 и удаляется из отстойника через патрубок 26.

Нефилтрованный сок из подготовительного яруса поступает через окна 8 внутрь трубовала 9 и, двигаясь вниз, распределяется по ярусам отстойника при помощи питателей 5, затем поступает в нижерасположенный ярус через отверстия в днище грязевой камеры верхнего яруса.

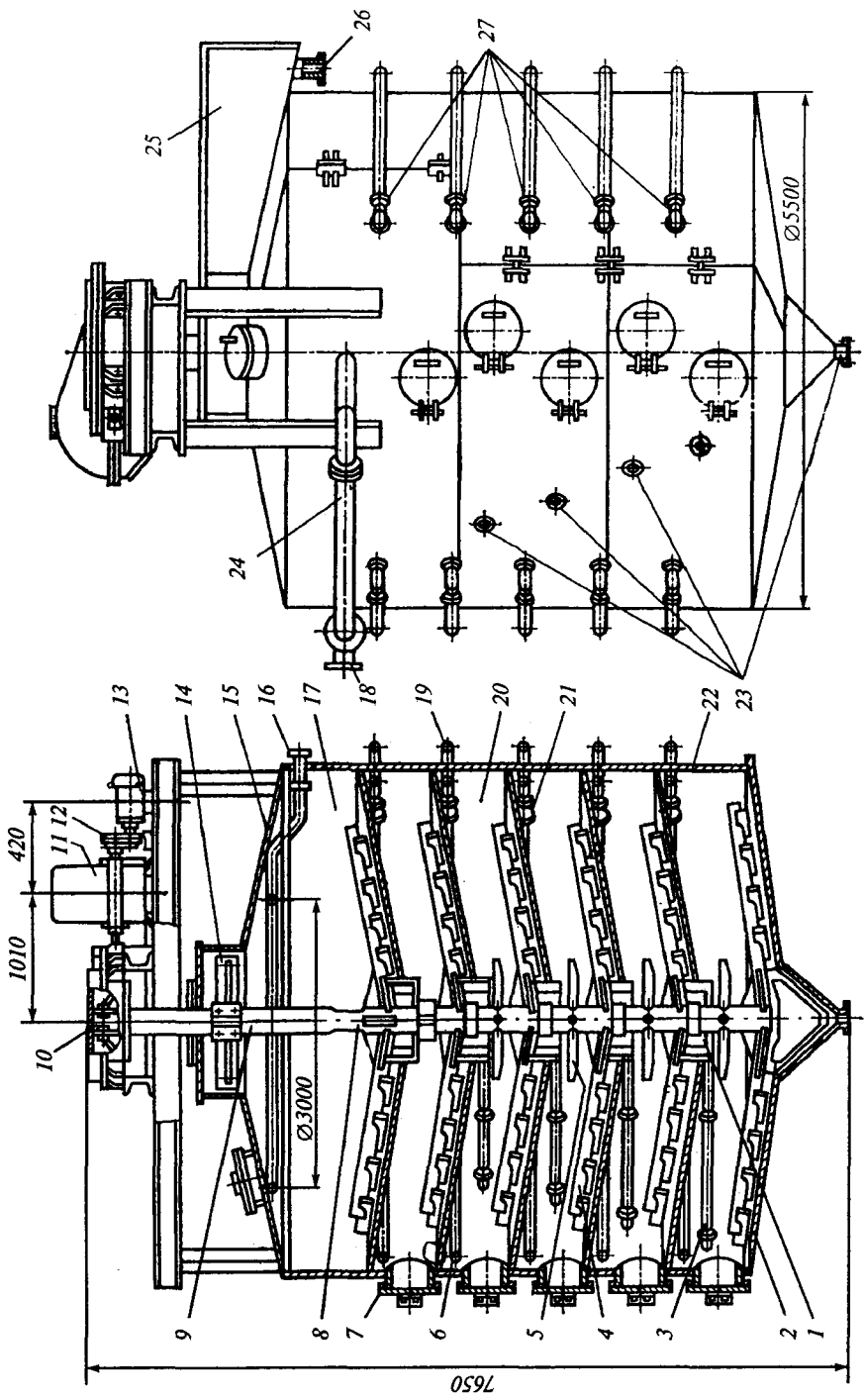


Рис. 11.11. Гравитационный отстойник РЗ-ПОС-1,5

Находясь определенное время в ярусах отстойника, сок отстаивается. Декантат отбирается из верхней части каждого яруса при помощи коллекторов 6 и выводится из отстойника через патрубки 27. В свою очередь, к последним присоединяются стояки, по которым сок поступает в контрольный ящик, а из него — на дальнейшую переработку.

Осевший на конические перегородки 21 осадок плотностью 1120...1200 кг/м<sup>3</sup> сгребается устройствами 4 в грязевые камеры 1, из которых в виде сгущенной суспензии через трубы 3 и патрубки 23 отводится в контрольный ящик сгущенной суспензии, а оттуда — на вакуум-фильтры.

В отстойнике РЗ-ПОС-1,5 с целью более равномерного распределения осадка вал состоит из труб разного сечения: чем выше ярус, тем меньше сечение трубы, направляющей исходный сок из подготовительного яруса в рабочие. Такое устройство распределительного вала позволяет направлять сок из подготовительного яруса по всем рабочим ярусам с одной и той же концентрацией твердых частиц, что обеспечивает одинаковую скорость осаждения во всех ярусах отстойника, а следовательно, и равную производительность всех ярусов.

Осадок из нижних частей всех секций по отдельным трубам отводится в контрольный ящик сгущенной суспензии, а оттуда — на вакуум-фильтры. Таким образом, каждый рабочий ярус отстойника является одновременно и камерой осветления, и камерой уплотнения осадка. Загрузка секций в таком отстойнике одинакова. Благодаря меньшему времени пребывания сока (70...80 мин) и меньшему удельному объему этого отстойника нарастание цветности сока в нем меньше, чем в двухступенчатом отстойнике. Осветленный сок (декантат) в этом отстойнике при переработке кондиционной свеклы получается практически без мути, что позволяет исключить контрольное фильтрование. Для хорошей работы отстойников необходимо обеспечить равномерное поступление сока первой сатурации. При наличии нескольких отстойников сок между ними необходимо распределять равномерно. Изменением количества отбираемого осветленного сока регулируют его чистоту. Сгущенную суспензию необходимо отбирать равномерно.

К достоинствам отстойников относятся простота обслуживания и отсутствие необходимости в фильтровальной ткани.

Недостатки гравитационных отстойников: они громоздки и занимают много производственной площади; сок в них пребывает продолжительное время, что обуславливает повышение цветности сока; декантат при переработке порченной свеклы содержит много мути, трудно отфильтровываемой на контрольных фильтрах.

### Техническая характеристика гравитационного отстойника РЗ-ПОС-1,5

Производительность, т/сут . . . . .	1500
Полная вместимость, м <sup>3</sup> . . . . .	130
Рабочая вместимость, м <sup>3</sup> . . . . .	107
Площадь осаждения, м <sup>2</sup> . . . . .	118
Число ярусов, шт . . . . .	5
Установленная мощность, кВт. . . . .	2,2
Частота вращения трубовала, с <sup>-1</sup> . . . . .	0,001
Габаритные размеры, мм. . . . .	7840×6620×5500
Масса, кг . . . . .	22 300

**Инженерные расчеты.** Согласно уравнению Стокса скорость осаждения шарообразных частиц  $c_{ос}$  (м/с), находящихся в среде большого объема, равна

$$c_{ос} = d^2(\rho_1 - \rho_2)g / 18\mu,$$

где  $d$  — диаметр частиц, м;  $\rho_1, \rho_2$  — плотность частиц и жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  — динамическая вязкость жидкости, Н·с/м<sup>2</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Понижение вязкости раствора с повышением его температуры, уменьшение удельного веса сока и увеличение размера осажденных частиц являются факторами, положительно влияющими на процесс.

Производительность отстойников по свекле  $\Pi$  (т/сут) выражается формулой

$$\Pi = 864 \cdot 10^3 F c \rho / P \mu,$$

где  $F$  — общая площадь поверхности осаждения отстойников, м<sup>2</sup>;  $c$  — скорость осаждения, м/с;  $\rho$  — плотность фильтрованного сока I сатурации, кг/м<sup>3</sup>;  $P$  — количество фильтрованного сока I сатурации, % к массе свеклы;  $\mu$  — количество отбираемого из отстойника осветленного сока, % к общему количеству жидкой фазы сока I сатурации.

Производительность отстойника  $\Pi$  (м<sup>3</sup>/с) определяют по формуле

$$\Pi = V/t,$$

где  $V$  — вместимость рабочего пространства отстойника, м<sup>3</sup>;  $t$  — длительность процесса отстаивания, с.

Продолжительность отстаивания в жироловках или разделителях непрерывного действия

$$t = V_0/\Pi,$$

где  $V_0$  — полезный объем жироловки или разделителя, м<sup>3</sup>;  $\Pi$  — производительность аппарата (центрифуги или отстойника), осуществляющего разделение, м<sup>3</sup>/с.

Продолжительность отцеживателя периодического действия для приема и хранения шквары  $\Pi_{ш}$  (кг/с)

$$\Pi_{ш} = \alpha_0 V_p \rho / t,$$

где  $\alpha_0$  — коэффициент заполнения резервуара ( $\alpha_0 = 0,80 \dots 0,85$ );  $V_p$  — вместимость резервуара, м<sup>3</sup>;  $\rho$  — плотность жировой массы, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho = 400 \dots 450$  кг/м<sup>3</sup>).

**Автоматическая центрифуга циклического действия ФПН-1251Л-02** (рис. 11.12) состоит из ротора 12, подвешенного на валу 6 в верхней опоре, пятискоростного асинхронного электродвигателя 3, механизма среза 2, устройства для промывки 1, подвесной головки 5, пульта управления 7, распределительного диска 10, кожуха 11, станины 13, трубы для подвода воды 15, патрубка для отвода образовавшихся паров 16, трубы для подвода пара 17 и пневмоцилиндра заслонки лотка 20.

Работает центрифуга следующим образом. При достижении частоты вращения ротора 23 с<sup>-1</sup> открывается шиберная заслонка утфелераспределителя и утфель по лотку 19 поступает в ротор центрифуги. После загрузки ротора до заданного объема датчик 9 загрузки утфеля дает команду на закрытие шиберной заслонки. Затем электродвигатель набирает максимальную частоту вращения 150 с<sup>-1</sup>, при которой происходит фуговка утфеля, регулируемая реле времени.

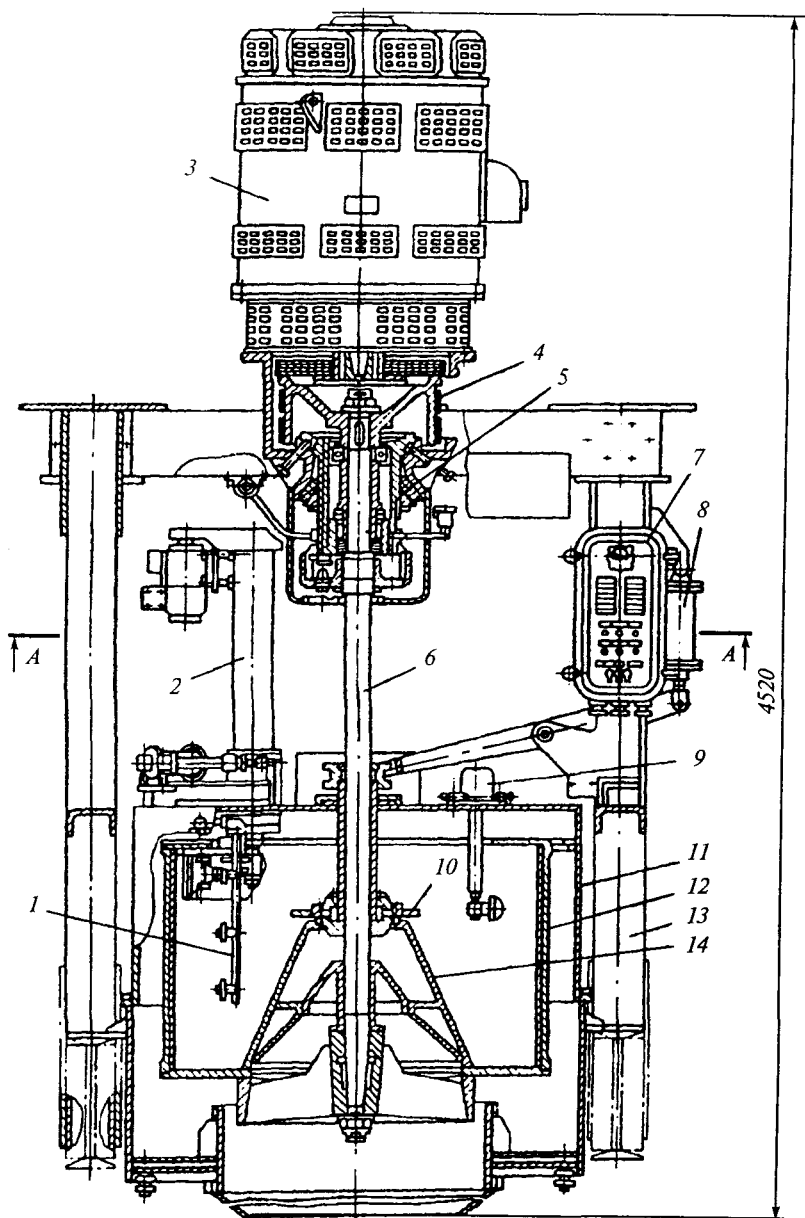


Рис. 11.12. Подвесная центрифуга

По окончании фуговки включается электромагнитный клапан, и вода поступает в устройство для промывки сахара. Одновременно сегрегатор 18 переключается на отвод белой патоки.

После промывки и пропарки сахара происходит переключение электродвигателя на меньшую скорость, и центрифуга начинает тормозиться. При частоте вращения  $5 \text{ с}^{-1}$  включается механический тормоз 4 и электродвигатель выключается, а затем переключается на обратное вращение ротора.

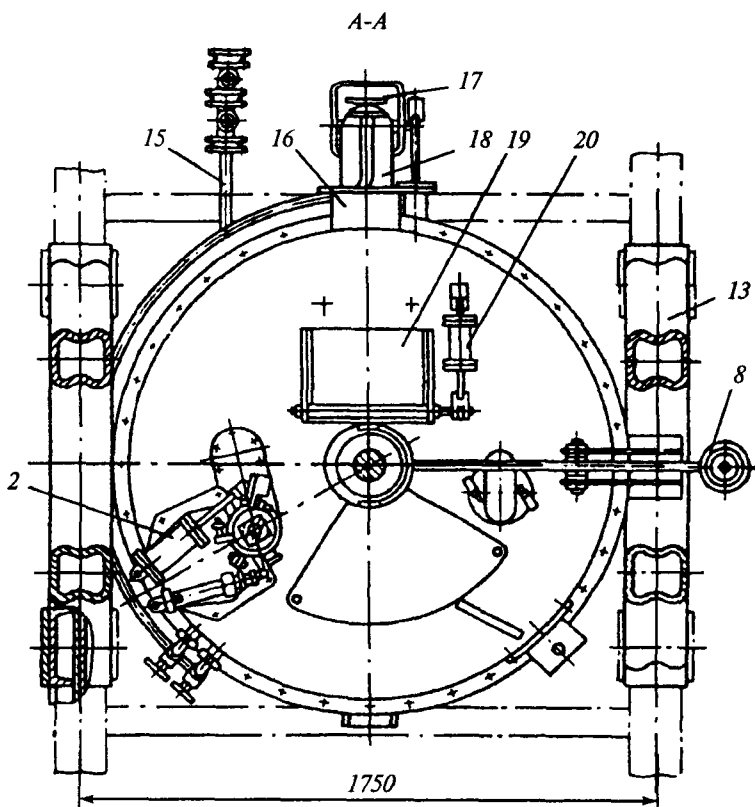


Рис. 11.12. (Продолжение)

При достижении ротором частоты вращения  $7...10\text{ с}^{-1}$  поднимается запорный конус 14 и к слою сахара пневмоцилиндром 8 подводится нож. По вертикали нож перемещается от электродвигателя. По окончании выгрузки механизм среза занимает первоначальное положение, запорный конус опускается, сита промываются водой и начинается следующий цикл работы.

### Техническая характеристика автоматической центрифуги ФПН-1251Л-02

Максимальная загрузка, кг . . . . .	660
Внутренний диаметр ротора, мм . . . . .	1250
Внутренняя высота ротора, мм . . . . .	800
Максимальная вместимость ротора, $\text{м}^3$ . . . . .	$445 \cdot 10^{-3}$
Рабочая частота вращения, $\text{с}^{-1}$ . . . . .	105; 157
Минимальный цикл работы, мин . . . . .	3
Наибольший фактор разделения . . . . .	1560
Габаритные размеры, мм . . . . .	$2250 \times 2060 \times 4800$
Масса без электродвигателя, кг . . . . .	3650

**Инженерные расчеты.** Производительность  $P_m$  (кг/с) центрифуг определяют таким образом:

автоматизированной циклического действия

$$P_m = 0,95\pi(d_1^2 - d_2^2)H\rho K / 4t_u,$$

где  $d_1, d_2$  — внутренний диаметр ротора центрифуги и диаметр верхнего ограничительного кольца ротора, м;  $H$  — высота ротора, м;  $\rho$  — плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;  $K$  — коэффициент, учитывающий частоту вращения ротора и характер эксплуатации;  $t_u$  — время цикла, с;

конической инерционной непрерывного действия

$$P_m = S m,$$

где  $S$  — площадь рабочей поверхности ротора, м<sup>2</sup>;  $m$  — нагрузка на единицу рабочей поверхности ротора в единицу времени, кг/(м<sup>2</sup>·с);

отстойной непрерывного действия

$$P_m = 2\pi r_c l v_0 \rho_c,$$

где  $r_c$  — средний радиус споя суспензии в роторе, м;  $l$  — длина сливного участка, м;  $v_0$  — средняя скорость осаждения частиц твердой фазы, м/с;  $\rho$  — плотность поступающей суспензии, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность электродвигателя привода центрифуги  $N$  (кВт) определяют по формуле

$$N = \left[ \left( m_u r_b^2 \omega^2 / 2000t \right) + \left( 0,25m_c (r_d^2 + r_0^2) \omega^2 / 800t \right) + \right. \\ \left. + \left( \pi K_T d_s n (m_c + m_u) / 1000 \right) + \left( 0,285 H d_6^4 n^3 / 1000 \right) \right] / \eta,$$

где  $m_u$  — масса вращающихся частей центрифуги, кг;  $r_b$  — внутренний радиус барабана, м;  $\omega$  — угловая скорость барабана, рад/с;  $t$  — время разгона центрифуги, с;  $m_c$  — масса загружаемой суспензии, кг;  $r_0$  — радиус верхнего отверстия барабана, м;  $H$  — высота барабана, м;  $K_T$  — коэффициент трения ( $K_T = 0,3$ );  $d_s$  — диаметр шейки вала, м;  $n$  — частота вращения вала, с<sup>-1</sup>;  $d_6$  — диаметр барабана, м;  $\eta$  — КПД привода ( $\eta = 0,7 \dots 0,9$ ).

**Сепаратор Г9-КОВ** (рис. 11.13) предназначен для очистки плодовоовощных соков. Он относится к сепараторам тарельчатого типа в полужакрытом исполнении с периодической выгрузкой осадка.

Сепаратор Г9-КОВ состоит из литой чугуновой станины 1, горизонтального вала 2, тахометра 3, гидроузла 4, приемника шлама 5, приемно-отводящего устройства 7, барабана 6, крышки 8 и подъемника. Внутри станины размещены горизонтальный вал 2, вертикальный вал 10 и тахометр 3. Станина имеет люк для осмотра зубчатой пары и закрывается крышкой, на которой монтируется тахометр для контроля числа оборотов горизонтального вала. Горизонтальный вал соединен с валом электродвигателя центробежной фрикционной муфтой. В его средней части имеются две шестерни. Одна нарезана на валу и входит в зацепление с шестерней вала тахометра. Вторая крепится с помощью шпонки и входит в зацепление с винтовой шестерней на вертикальном валу 10. На валу 10 крепится барабан 6, который является основным рабочим узлом сепаратора. В нем происходит очистка плодовоовощных соков от при-

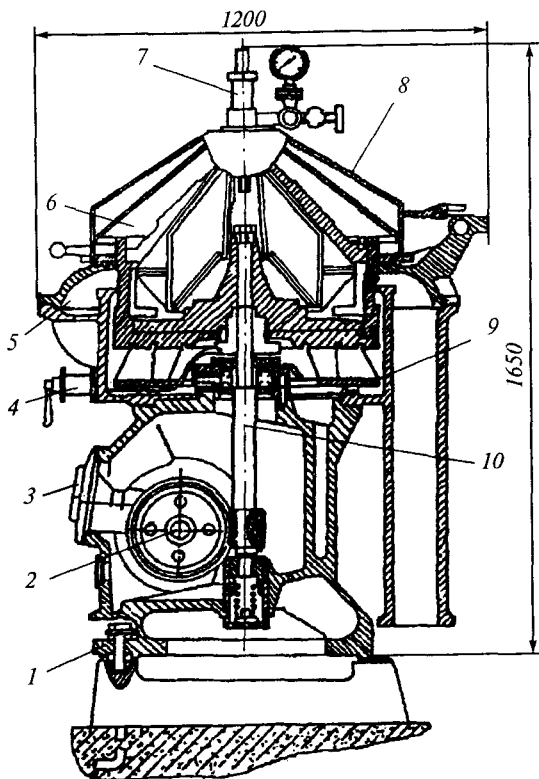


Рис. 11.13. Сепаратор Г9-КОВ для очистки  
плодовоовощных соков

месей под действием центробежных сил. Барабан сепаратора состоит из основания, крышки, тарелкодержателя с пакетом тарелок, большого затяжного кольца, крышки напорной камеры, малого затяжного кольца и клапанов слива и разгрузки.

Центробежная фрикционная муфта состоит из диска, размещенного на валу электродвигателя, и закрепленных шарнирно на диске колодок, опорные поверхности которых, откидываясь при вращении электродвигателя, прижимаются к внутренней поверхности бандажа и постепенно увлекают его за собой.

Вертикальный вал устанавливается в верхней и нижней опорах. Верхняя опора имеет шесть пружин, радиально расположенных вокруг подшипника, чем обеспечивается упругость, необходимая для осуществления плавного перехода через критическую частоту вращения и для компенсации дисбаланса. Под радиально-упорным подшипником нижней опоры находится винтовая пружина.

К станине крепится приемник шлама, имеющий сборники шлама и буферной воды. Приемник шлама 5 предназначен для отвода осадка, выбрасываемого из барабана 6, а также для размещения в ванне 9 слива межтарелочной жидкости и отвода буферной воды. В чаше приемника шлама расположен гидроузел, служащий для регулирования подачи буферной воды в соответствующую полость барабана 6, а на наружном фланце приемника находится подъемник, необходимый при монтаже тяжелых частей сепаратора. Для ускорения остановки сепаратора предусмотрен тормоз. В основании по окружности барабана равномерно размещены отверстия для выброса осадка из грязевого пространства барабана. При работе барабана эти отверстия перекрываются кольцевой кромкой поршня, плотно прижимающегося к уплотнительному кольцу под действием гидростатического давления жидкости под поршнем. Осветленный сок поступает через отверстия в верхней части крышки барабана в полость напорной камеры, а затем напорным диском выводится из сепаратора.

Техническая характеристика сепаратора приведена в табл. 11.1.

**Сепаратор-кларификатор ВСМ** (рис. 11.14) предназначен для тонкого осветления различных пищевых суспензий: соков, морсов, мелассы.

Сепаратор состоит из станины 5, приводного механизма, барабана 4, приемно-выводного устройства 2 и тахометра.



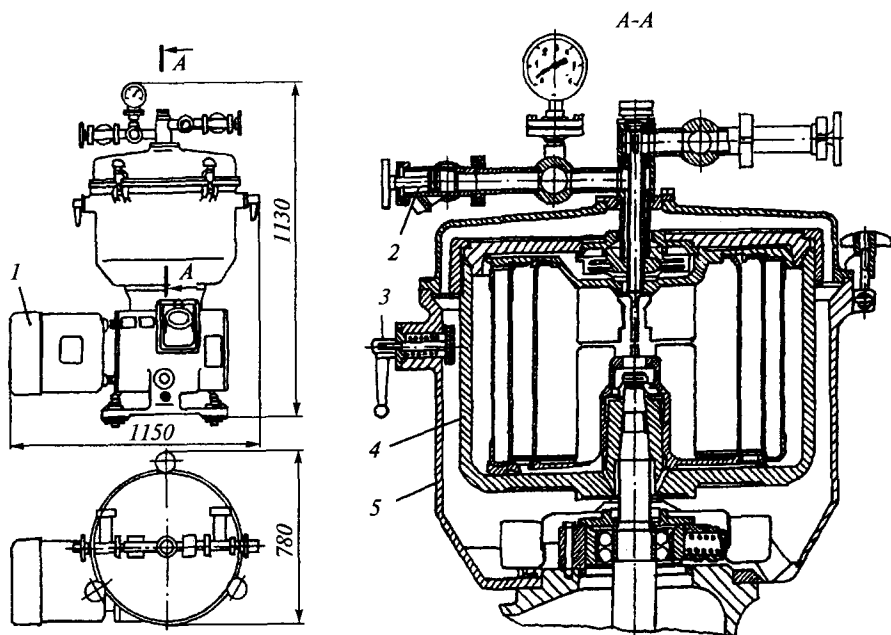


Рис. 11.14. Сепаратор-кларификатор ВСМ

В верхней части станины 5 крепится барабан 4, на котором смонтированы тормозные устройства 3. Внутренняя часть станины является масляной ванной зубчатых передач приводного механизма.

Приводной механизм состоит из электродвигателя 1, упругой и фрикционно-центробежной муфт, горизонтального и вертикального валов.

Барабан является основным рабочим органом сепаратора, в котором под действием центробежной силы происходит осветление суспензии.

Приемно-выводное устройство служит для подачи сепарируемого продукта в барабан и отвода осветленной жидкости из барабана.

Сепаратор-кларификатор ВСМ работает следующим образом.

Для промывки, подогрева и проверки герметичности барабана в приемно-выводное устройство перед началом сепарирования через барабан пропускают воду, подогретую до температуры 40...60 °С. После этого по подводящему трубопроводу во вращающийся барабан подают продукт, подлежащий осветлению. Под действием центробежной силы взвешенные частицы отбрасываются к внутренним поверхностям вставок барабана и осаждаются на них.

Осветленная жидкость под давлением выводится из барабана по отводящему трубопроводу.

Техническая характеристика сепаратора приведена в табл. 11.1.

**Сепаратор-сливкоотделитель ОСН-С** (рис. 11.15) состоит из станины 17 с приводным механизмом, приемно-отводящего устройства 12, гидроузла, чаши станины с приемником осадка 7, глушителя, пробки спуска масла 1, указателя уровня масла 2, горизонтального вала 3, тахометра 4, пробки залива масла 5, трубки подвода воды в сепарирующее устройство 6, зажима 8, гайки 9, крышки 11, штуцера подвода воды 16, вертикального вала 18, а также из пульта управления.

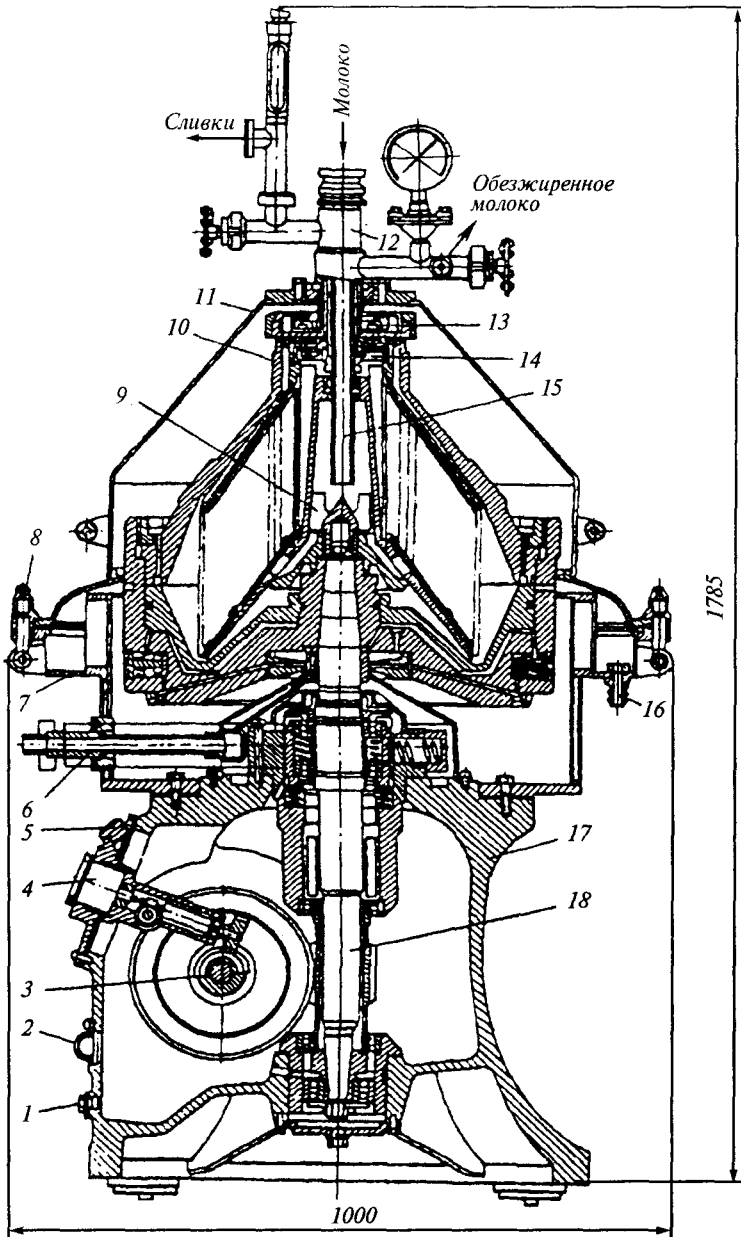


Рис. 11.15. Сепаратор ОСН-С с пульсирующей выгрузкой осадка

Молоко подается по трубопроводу и центральной трубке 15 приемно-отводящего устройства во вращающееся сепарирующее устройство 10. В это время поршень сепарирующего устройства закрыт. В полости под поршнем находится вода. При работе сепаратора происходит незначительное ее вытекание из сепарирующего устройства и патрубка станины при подпитке. Для герметизации системы поршень поджимается к прокладке силой гидростатического давления. Молоко подается в се-

парирующее устройство, проходит через отверстия в тарелкодержателе и вертикальные каналы пакета, распределяется в межтарелочных пространствах, разделяясь на сливки, оттесняемые к оси вращения, и обезжиренное молоко, оттесняемое к периферии сепарирующего устройства. Сливки и обезжиренное молоко выводятся через камеры напорных дисков 13 и 14.

Твердые частицы и тяжелые примеси, выделяющиеся из молока, поступают в периферийный объем сепарирующего устройства, где происходит их накопление и уплотнение. Во избежание потерь молока применяют только частичную выгрузку осадка при открытии каналов.

Разгрузку сепараторов осуществляют в один или два этапа. При одноэтапной разгрузке осадок выгружается без перекрытия устройства для подачи исходного продукта. Однако во избежание потерь продукта в период раскрытия сепарирующего устройства выгружается не весь осадок, а лишь его часть. При двухэтапной разгрузке сначала перекрывается устройство для подачи исходного продукта и удаляется жидкость из межтарелочного пространства, а затем уже открываются щели для выгрузки, в результате чего осадок выбрасывается из сепарирующего устройства в приемник под действием центробежной силы.

Техническая характеристика сепаратора приведена в табл. 11.1.

Таблица 11.1. Техническая характеристика сепараторов

Показатель	Г9-КОВ	ВСМ	ОСН-С
Производительность, л/ч	8500	2000...2500	10 000
Давление продукта на выходе, МПа	0,2	0,35...0,40	0,25
Частота вращения барабана, с <sup>-1</sup>	523,3	436,5	500
Температура сепарирования, К	283...298	283...288	35...40
Максимальный диаметр барабана, мм	600	640	616
Межтарелочный зазор, мм	0,5	0,3...0,4	0,50
Электродвигатель:			
мощность, кВт	13	10	15,0
частота вращения, с <sup>-1</sup>	157	157	157
Габаритные размеры, мм:			
длина	1500	1150	1390
ширина	1132	780	1000
высота	1650	1350	1785
Масса, кг:			
барабана	500	302	240
сепаратора	1800	905	1512

**Инженерные расчеты.** Производительность сепараторов для высокожирных сливок  $P_v$  (м<sup>3</sup>/с) определяют по следующим формулам:

$$P_v = 0,2P_m / \lg(J_n - J_k) / (J_m - J_k),$$

где  $P_m$  — производительность сепаратора по молоку, м<sup>3</sup>/с;  $J_m$  — максимально достижимая жирность сливок, % ( $J_m = 90$  %);  $J_n, J_k$  — массовая доля жира в исходных и высокожирных сливках, %,

или

$$\Pi_v = 16,55\eta n^2 Ztg\alpha (R_6^3 - R_m^3)[(\rho_n - \rho_{ж}) / \mu] d_{ж}^2,$$

где  $\eta$  — КПД сепаратора ( $\eta = 0,5 \dots 0,7$ );  $n$  — частота вращения ротора,  $c^{-1}$ ;  $Z$  — количество тарелок;  $\alpha$  — угол наклона образующей тарелки, град ( $\alpha = 45 \dots 60^\circ$ );  $R_6$  — большой радиус тарелки, м;  $R_m$  — меньший радиус тарелки, м;  $\rho_n$  — плотность дисперсионной среды (плазмы),  $кг/м^3$ ;  $\rho_{ж}$  — плотность дисперсионной фазы (жира),  $кг/м^3$ ;  $\mu$  — динамическая вязкость дисперсионной среды, Па·с;  $d_{ж}$  — предельный диаметр жирового шарика, м;

сепаратора-молокоочистителя

$$\Pi_v = 2\pi H R_6 R_m (R_6 - R_m) \omega^2 \Delta\rho \sin\alpha r^2 \mu / (h + \delta),$$

где  $H$  — высота тарелки, м;  $h$  — расстояние между тарелками по вертикали, м;  $\delta$  — толщина тарелки, м;  $\omega$  — угловая скорость вращения барабана, рад/с;  $\Delta\rho$  — разность плотности частицы и молока,  $кг/м^3$ ;  $r$  — радиус отделяемой частицы, м;

сепаратора с пульсирующей выгрузкой осадка

$$\Pi_{вн} = \Pi_v (1 - tn),$$

где  $t$  — время прерывания сепарирования для выгрузки осадка, с ( $t = 60 \dots 120$ );  $n$  — частота разгрузок,  $c^{-1}$ .

Объем осадка, удаляемого из сепарируемого устройства,  $V_{ос}$  ( $м^3$ ) находят по формуле

$$V_{ос} = \mu Z \delta \omega R \sqrt{1 - (r - R)^2},$$

где  $R$  — радиус барабана, м;  $r$  — радиус частиц загрязнения, м;  $\delta$  — толщина тарелок, м.

Размер жировых шариков  $d$  (мм)

$$d = (m / 0,04) + 0,05,$$

где  $m$  — массовая доля жира в обезжиренном молоке, %.

Давление, создаваемое напорными дисками сепаратора  $P$  (Па):

$$P = (\rho / 50000)(R_d^2 - R_k^2),$$

где  $\rho$  — плотность жидкости, выходящей из сепаратора,  $кг/м^3$ ;  $R_d$  — максимальный радиус диска, м;  $R_k$  — внутренний радиус кольца жидкости, м.

Время непрерывной работы сепаратора между разгрузками  $\tau$  (ч)

$$\tau = 0,1V / Pa,$$

где  $a$  — объемная концентрация взвешенных частиц в сепарируемом продукте, %.

Критическая частота вращения вала  $\omega_{кр}$  ( $c^{-1}$ ), т. е. скорость, при которой происходит разрушение вала,

$$\omega_{кр} = [1 / (1 - c)] \sqrt{K / m_6},$$

где  $K$  — сила, вызывающая прогиб вала на 1 м, Н/м, для сепаратора с жестко зацепленным (без амортизатора) верхним радиальным подшипником;

$$K = 3EI / c^2 (c + l),$$

где  $E$  — модуль упругости материала вала, Н/м<sup>2</sup>;  $I$  — момент инерции сечения вертикального вала, м<sup>4</sup>;  $l$  — расстояние между верхним и нижним подшипником, м;  $c$  — расстояние от верхнего подшипника до центра тяжести, м,

$$I = 0,05d_b^4,$$

здесь  $d_b$  — диаметр вала, м.

Мощность электродвигателя привода сепаратора  $N$  (кВт) определяют по формуле

$$N = [(mR_n^2\omega^2 / 1000gt) + (K\Pi_v\omega^2 R\gamma / 2000g) + \\ + 10^{-6}\omega^3 (132,6 / S_{\text{общ}}n) \sum_{i=1}^k (S_i R_i^3) \rho_a / g](\eta_0 / \eta),$$

где  $m$  — масса ротора (барабана), кг;  $R_n$  — радиус инерции ротора, м;  $\omega$  — угловая скорость ротора, рад/с;  $t$  — продолжительность разгона, с;  $K$  — коэффициент, учитывающий радиальную скорость струи ( $K = 1,0 \dots 1,2$ );  $R$  — расстояние от оси вращения до выходных отверстий, м;  $\gamma$  — плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $S_{\text{общ}}$  — общая поверхность трения ротора, м;  $S_i$  — площадь поверхности трения  $i$ -го участка ротора, м<sup>2</sup>;  $R_i$  — средний радиус  $i$ -го участка поверхности, м;  $\rho_a$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta_a$  — коэффициент запаса мощности в период разгона ( $\eta_a = 1,5$ );  $\eta$  — КПД привода ( $\eta = 0,6 \dots 0,7$ ).

#### 11.4. ФИЛЬТРЫ И ФИЛЬТРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Основным рабочим органом любого фильтра является фильтрующая перегородка. Последняя может быть одинарной из различных тканей — бязь, бельтинг, лавсан, нейлон и специальный капрон, керамические и металлические материалы — или состоять из двух слоев — один слой ткани и другой слой осадка из уплотненных взвешенных частиц. Уплотненный слой, или осадок, образующийся в большинстве случаев при фильтровании полидисперсных суспензий, частицы взвесей которых тиксотропны, является основным рабочим органом фильтра.

В процессе фильтрования толщина слоя осадка и его гидравлическое сопротивление увеличиваются. Исходя из этого, процесс фильтрования ведут двумя способами: при постоянном давлении фильтруемой среды, поступающей на процесс (при этом уменьшается скорость фильтрования); при постоянной скорости фильтрования и переменном возрастающем давлении.

Существуют различные конструкции фильтров, работающих периодически и непрерывно. В пищевой промышленности используются в основном фильтры периодического действия. Наиболее распространен в пищевой промышленности фильтр-пресс, который используется для окончательной очистки при производстве осветленных соков.

**Фильтр-пресс** (рис. 11.16) предназначен для окончательной очистки соков и состоит из станины 1, на которой смонтированы задняя упорная плита 5, передняя нажимная плита 9 и плиты 6, 8, установленные на два горизонтальных стержня 7.

Насос 2, нагнетающий суспензию в канал 4, приводится в движение электродвигателем 3. Нажимная плита 9 перемещается винтом 10 при помощи маховика 11. Уплотнение плит 8 производится винтом 10 с помощью рычага 12 или механическим приводом. Собранные в пакет плиты с размещенными между ними фильтрующими пластинами плотно сжимаются. При этом фильтрующие пластины делят зазор между двумя плитами на две части, что достигается благодаря ребристой поверхности плит. Поэтому различают четные учетные отсеки. Если исходная суспензия поступает в четный отсек, осветленный сок будет выходить из нечетного отсека.

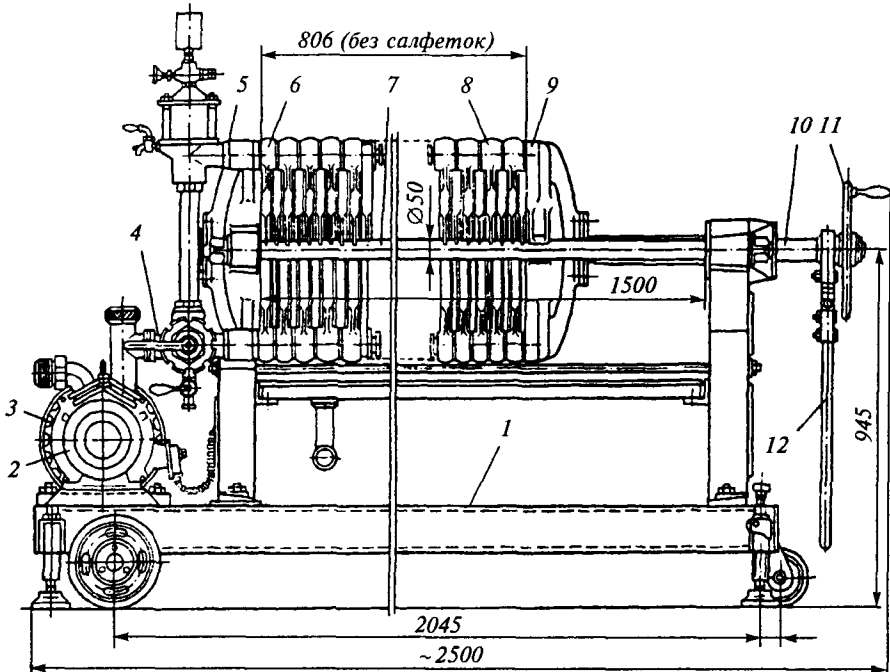


Рис. 11.16. Фильтр-пресс

Каждая плита имеет по два фасонных прилива с отверстиями. Эти приливы расположены в двух углах четных плит с одной стороны, в нечетных плитах — с противоположной стороны. Таким образом, при сборе плит в пакет создаются два канала в четных и два канала в нечетных плитах, соединенных с полостями, образуемыми каждой парой плит с разделяющей их фильтрующей пластиной.

При работе фильтра фильтруемая суспензия нагнетается в каналы четных плит, затем через отверстия в них поступает в отсеки для исходной суспензии и под давлением проходит через фильтрующие пластины (рис. 11.17), при этом частицы взвесей задерживаются, а осветленный сок попадает в отсеки для конечного осветленного сока, затем по двум каналам нечетных пластин выходит из фильтра в сборник для осветленного сока.

#### Техническая характеристика фильтр-пресса

Производительность, дал/ч . . . . .	950
Площадь фильтрующей поверхности, м <sup>2</sup> . . . . .	20,5
Максимальное давление фильтрования, МПа . . . . .	0,95
Потребляемая мощность, кВт . . . . .	5,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	2950×1090×1240
Масса, кг . . . . .	1575

**Инженерные расчеты.** Производительность фильтр-пресса зависит от скорости фильтрации, которая определяется режимом фильтрации, характером фильтрующей перегородки и физико-химическими свойствами осадка.

Производительность  $\Pi$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) фильтров и фильтр-прессов определяют по формуле

$$\Pi = qF / (\tau_{\phi} + \tau_{\text{пр}} + \tau_{\text{р}}),$$

где  $q$  — нагрузка на фильтрующую поверхность,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;  $F$  — площадь фильтрующей поверхности,  $\text{м}^2$ ;  $\tau_{\phi}$ ,  $\tau_{\text{пр}}$ ,  $\tau_{\text{р}}$  — соответственно продолжительность фильтрации, промывки осадка, разгрузки и подготовки фильтр-пресса к следующему циклу, с.

При выборе насоса, подающего исходный продукт в фильтр-пресс, необходимо учитывать сопротивление перегородки, которая рассчитывается по формуле

$$R = 1,5R_0\mu,$$

где  $R_0$  — коэффициент сопротивления для металлического сита густого плетения  $R_0 = (0,7 \dots 1,2) \cdot 10^{10}$ ; для тканой перегородки  $R_0 = (0,6 \dots 3) \cdot 10^{10}$ ;  $\mu$  — динамическая вязкость фильтрующего продукта, Па·с.

Продолжительность фильтрации зависит от содержания осадка в фильтруемой суспензии, количества профильтрованного сока, объема камеры фильтр-пресса.

Продолжительность фильтрации  $\tau_{\phi}$  (с)

$$\tau_{\phi} = M_{\phi} \delta \rho_{\text{ос}} / 2M_{\text{ос}} \nu_0 \rho_{\text{с}},$$

где  $M_{\phi}$  — масса отфильтрованного сока к окончанию цикла работы фильтр-пресса, кг;  $M_{\text{ос}}$  — масса влажного осадка, образующегося за один цикл работы фильтр-пресса, кг;  $\delta$  — толщина фильтрующей рамы, м;  $\rho_{\text{ос}}$ ,  $\rho_{\text{с}}$  — соответственно плотность отфильтрованного сока и влажного осадка,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\nu_0$  — объемная скорость фильтрации сока ( $\nu_0 = (3,5 \dots 8,3) \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ).

Давление жидкости в гидроцилиндре, необходимое для гидравлического зажима фильтр-пресса  $P$  (Па), определяют по формуле

$$P = (P_{\phi} F_{\phi} + P_{\text{упл}} F_{\text{ст}}) / (\pi D^2 / 4) k f D h,$$

где  $P_{\phi}$  — давление фильтрации, Па;  $F_{\phi}$  — площадь фильтрующей поверхности зажимной плиты,  $\text{м}^2$ ;  $P_{\text{упл}}$  — минимальное давление на площадь контакта, необходи-

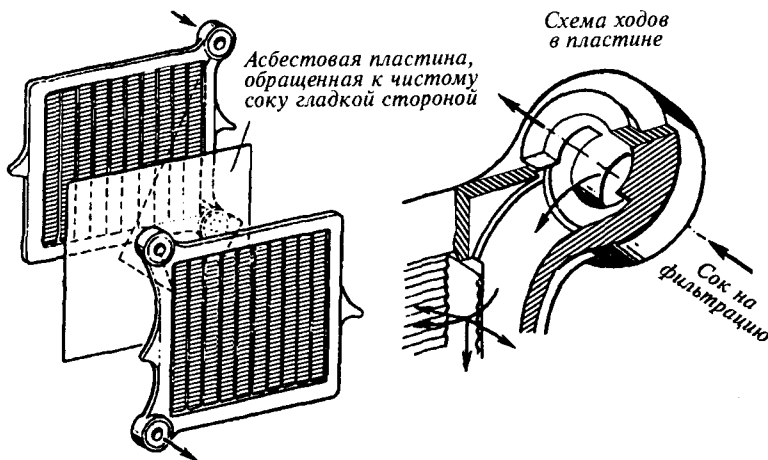


Рис. 11.17. Схема прохождения сока по пластинам в камерном фильтр-прессе

мое для обеспечения герметичности стыка ( $P_{\text{упл}} \geq 3P_{\text{ф}}$ ), Па;  $F_{\text{ст}}$  — площадь контакта рам и плит, м<sup>2</sup>;  $D$  — диаметр плунжера гидроцилиндра, м;  $h$  — ширина уплотнения, м;  $f$  — коэффициент трения плунжера в уплотнениях ( $f = 0,20$  — при набивочном уплотнении;  $f = 0,7 \dots 0,10$  — при манжетном уплотнении);  $k$  — коэффициент, зависящий от конструкции уплотнения ( $k = 0,15$  — при набивочном уплотнении,  $k = 0,4 \dots 0,7$  — при манжетном уплотнении).

Удельная производительность  $d$  (м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>) по осветленной фракции на 1 м<sup>2</sup> фильтрующей перегородки определяют по формулам:

для фильтров, работающих при постоянной разности давлений и переменной скорости фильтрования

$$d = (1/kV)(\sqrt{(2kVP\tau/\mu) + R^2} - R),$$

для фильтров, работающих при постоянной скорости фильтрования и непрерывно увеличивающейся разности давлений

$$d = (1/2kV)(\sqrt{(4kVP\tau/\mu) + R^2} - R),$$

где  $k$  — удельное сопротивление осадка, м<sup>2</sup>;  $V$  — объем влажного осадка в 1 м<sup>3</sup> фильтрата, м<sup>3</sup>;  $P$  — разность давлений по обе стороны фильтрующей перегородки, Па;  $\tau$  — продолжительность фильтрования, с;  $\mu$  — коэффициент динамической вязкости суспензии, Па·с;  $R$  — сопротивление фильтрующей перегородки, м<sup>-1</sup>.

**Патронные фильтры** находят широкое применение для контрольной фильтрации сока I сатурации, фильтрации сока II сатурации, фильтрации сиропа с клеровкой и для отделения от рафинадных сиропов нерастворимых примесей.

Известны конструкции патронных фильтров с тканевой, проволочной опорной поверхностью фильтрующих элементов и фильтров с керамическими фильтрующими элементами. Последние оказались несовершенными в эксплуатации вследствие загрязнения пор фильтрующих элементов и частой сложной регенерации их при помощи кислотных растворов. К недостаткам керамических фильтров относится также хрупкость фильтрующих элементов, что требует тщательной сборки и разборки их. Наибольшее распространение в промышленности нашли патронные фильтры с проволочной опорной поверхностью фильтрующих элементов типа ПФ-10 и ПФ-20.

Принцип действия всех фильтров одинаков. Отличаются они друг от друга конструкцией фильтрующих элементов (патронов) и установкой их в корпусе фильтра. Все они являются фильтрами периодического действия, работающими под давлением, имеющими небольшое гидравлическое сопротивление и высокую скорость фильтрации, достигающую для соков до  $1,7 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) и для сиропов — до  $1,7 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с).

Типовыми фильтрами для фильтрации продуктов свеклосахарного и рафинадного производств приняты фильтры с проволочной поверхностью фильтрации типа ПФ-10 и ПФ-20.

**Патронный фильтр ПФ-20** (рис. 11.18) состоит из цилиндрического корпуса 9, конического днища 15, выпуклой крышки 4, на которой установлены рымболты 3, и плиты 7, в которой закрепляются патроны 10 прижимами 22. В нижней части патронов устанавливаются в отверстия решетки 12.



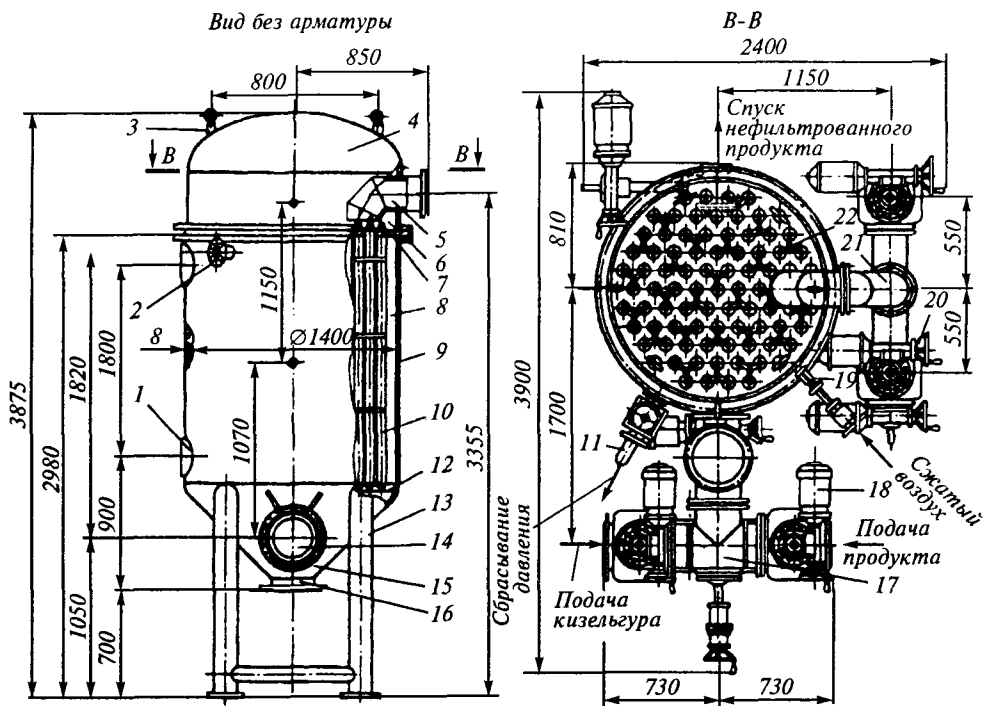


Рис. 11.18. Патронный фильтр ПФ-20

Плита устанавливается при помощи уплотнений между фланцами цилиндрического корпуса и выпуклой крышки и образует две камеры фильтра. В нижнюю камеру 8 при помощи коллектора 17, присоединенного к патрубку 14, подводится кизельгурная суспензия, фильтруемый продукт и промывная вода. Из камеры 6 через коллектор 21, присоединенный к патрубку 5, отводятся жидкая фаза кизельгурной суспензии, фильтрат и промой. Кроме того, для подвода воздуха в верхнюю камеру установлен вентиль 19, а в нижнюю — патрубок 2. Сброс воздуха из нижней камеры осуществляется через трубу 11. Для наблюдения за состоянием внутренней части нижней камеры установлены смотровые стекла 1. Удаление промытого осадка осуществляется через патрубок 16. Фильтр установлен на трубчатом каркасе 13. Для управления процессом фильтрации имеются задвижки с электродвигателями 18 и маховиками 20.

Полный цикл работы фильтров включает в себя следующие стадии: намыв кизельгура, возврат первых мутных порций фильтруемого продукта, фильтрация, вытеснение нефильтованного продукта, промывка осадка и удаление осадка. В эксплуатации фильтры полностью автоматизированы.

На сахарорафинадных заводах патронные фильтры используют для отделения осадка от растворов рафинадного производства.

Фильтрующий патрон ПФ-20 (рис. 11.19, а) состоит из трех фильтрующих элементов 4 и опорного патрубка 2, которые при помощи стяжки 3, шайбы 5, планки 1 и гаек 6 скрепляются жестко. Патроны в собранном состоянии устанавливаются в отверстия плиты 7 и зажимаются прижимом 9, который устанавливается на шпильке 8.

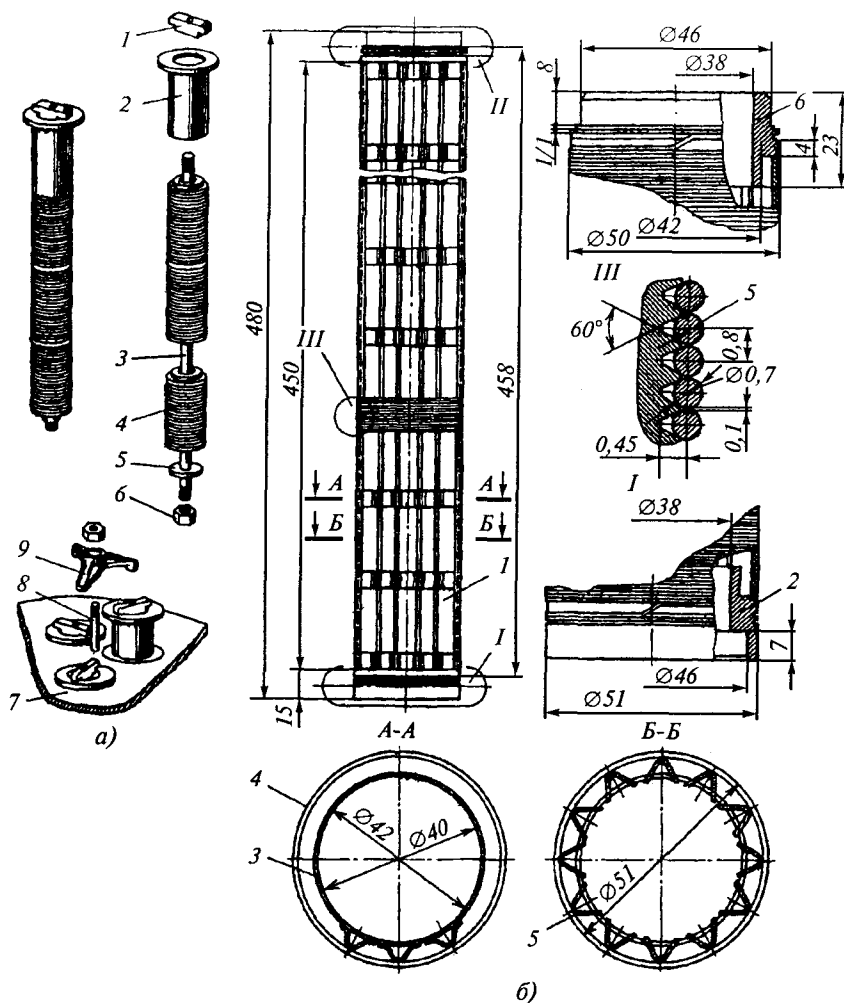


Рис. 11.19. Патрон с проволочной опорной поверхностью:  
а — общий вид патрона; б — фильтрующий элемент

Для того чтобы патроны не отклонялись от вертикальной оси, нижняя часть стяжки каждого патрона устанавливается в отверстие проволочного каркаса, расположенного в низу цилиндрического корпуса фильтра.

Фильтрующий элемент патрона представлен на рис. 11.19, б. Каркас 1 элемента изготавливается из нержавеющей стали и состоит из нижней 2 и верхней 6 втулок, к которым приварены уголки 5. Для жесткости каркаса уголки приварены к кольцам 3, расположенным по высоте на расстоянии 40 мм друг от друга.

Опорным слоем для кизельгура и осадка является проволочная 4 щелевидная поверхность каркаса элементов. Образуется она путем нарезания канавок на острых выступах уголков с шагом 0,8 мм и затем навивкой проволоки из нержавеющей стали диаметром 0,7 мм.

При вышеуказанных размерах шага резьбы и проволоки размер щелей равен 0,1 мм. Общая площадь поверхности фильтрации одного патрона составляет 0,241 м<sup>2</sup>.

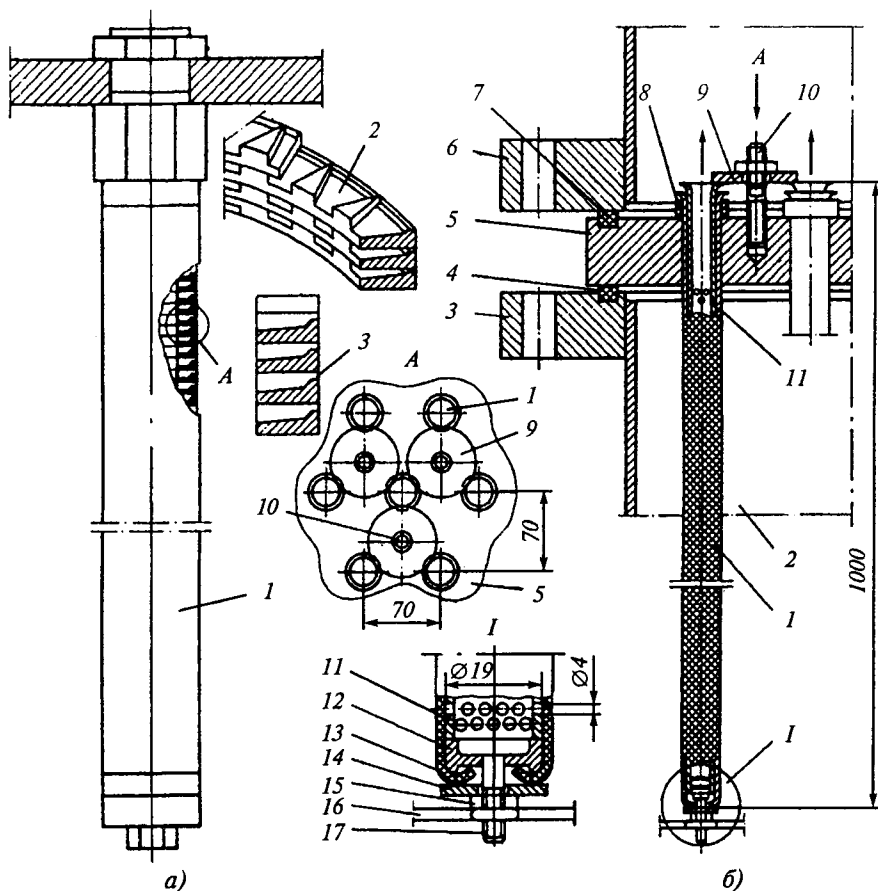


Рис. 11.20. Патроны фильтров:

*a* — изготовленный из отдельных пластин; *б* — с тканевой опорной поверхностью

Патроны с проволочной опорной поверхностью просты по устройству, но имеют существенные недостатки. Так как щели, образованные смежными витками проволоки, вначале имеют расширение, а затем к центру проволок сужаются, то не исключена возможность застревания мелких частиц кизельгура и осадка в щелях. Это приводит к уменьшению живого сечения опорного слоя и скорости фильтрации.

Некоторые зарубежные фирмы выпускают фильтры, патроны которых набраны из отдельных штампованных пластин (рис. 11.20, *a*). При соединении пластин 2 получаются щели 3. Такие патроны называются саморегенерирующимися. Мелкие частицы осадка, попадая в суженную часть щели, имеющую наклонную стенку, уносятся фильтратом. Такие патроны работают лучше патронов с проволочной опорной поверхностью, но они сложны в изготовлении.

Патрон фильтра с тканевой опорной поверхностью изображен на рис. 11.20, *б*. Он представляет собой перфорированный корпус 11 из нержавеющей стали, к нижней части которого приварено доннышко 12 с хвостовиком 17, имеющим резьбу.

На корпус патрона надевается тканевый чулок 1, который снизу имеет загиб 13 и закрепляется при помощи шайбы 14 и гайки 15. Перед установкой патронов в отверстия плиты 5 на них надевают резиновые уплотняющие кольца 8. К плите патроны прижимаются шайбами 9, которые надеваются на шпильки 10. Каждая шайба прижимает три патрона.

Для сохранения параллельности и вертикальности труб хвостовики 17 патронов устанавливаются в отверстия решетки 16, изготовленной из нержавеющей проволоки. Решетка крепится к хвостовикам патронов при помощи дополнительных гаек.

Плита зажимается между фланцами 3 и 6 корпуса 2 фильтра и крышки при помощи болтов. Уплотнение между верхней и нижней частью фильтра создается прокладками 4 и 7. Фильтрованный сок направляется внутрь патрона и выходит из верхней его части.

Патронные фильтры устанавливаются на полу второго этажа вблизи стены с таким расчетом, чтобы крепление трубопроводов осуществлять на стене. Проходы между фильтрами и стеной должны быть не менее 1500 мм. Над батареей фильтров рекомендуется устанавливать монорельс с устройством для снятия крышек и плит с фильтрующими элементами.

Для монтажа и демонтажа фильтрующих элементов в плитах фильтров необходимо иметь специальные подставки высотой не менее 1800 мм.

Сборник нефильтованного сока перед фильтрами необходимо снабдить поплавковым устройством для указания уровня сока в нем. На трубопроводе, подводящем сок в фильтр, установить расходомер, снабженный счетчиком. Корпус фильтра и трубопроводы должны быть изолированы.

После монтажа фильтров вся установка должна быть испытана гидравлическим давлением 0,4 МПа.

В процессе фильтрации нельзя допускать соединения слоя осадка, образовавшегося на отдельных фильтрующих элементах, так как при промывке осадка обратным током жидкости из-за большого сопротивления могут разрушаться фильтрующие элементы.

Необходимо следить за давлением в коммуникациях, подводящих нефильтованный продукт в фильтр, которое должно быть постоянным. В случае колебаний давления поступающего продукта слой осадка на фильтрующих элементах может давать трещины, что отрицательно сказывается на качестве фильтрата или осадок будет сползать с поверхности фильтрующих элементов.

При эксплуатации фильтров с керамической поверхностью фильтрации необходимо для разбавления кизельгура применять чистую воду, а также не допускать попадания масла на керамику. Загрязненная вода и масло закупоривают поры керамических элементов, и фильтр быстро выходит из строя.

В процессе эксплуатации часто могут быть следующие ненормальности: выходит мутный фильтрат или значительно повышается давление в фильтре. В первом случае чаще всего бывает повреждена поверхность фильтрации отдельных патронов. Необходимо остановить фильтр, снять верхнюю крышку и при помощи шланга подавать в патроны воду. Патроны, в которых вода проходит очень быстро, имеют поврежденную поверхность, их необходимо заменить.

### Техническая характеристика патронных фильтров

Показатель	ПФ-20	ПФ-10
Площадь поверхности фильтрации, м <sup>2</sup> . . . . .	20	10
Длина патрона, мм . . . . .	1620	1620
Число патронов . . . . .	85	44
Шаг трубок, мм . . . . .	135	
Наружный диаметр патрона, мм . . . . .	51	51

Внутренний диаметр корпуса фильтра, мм . . . . .	1400	1100
Высота фильтра, мм . . . . .	3875	3435
Пробное давление, МПа . . . . .	0,6	0,6
Максимальное рабочее давление, МПа . . . . .	0,4	0,4
Вместимость фильтра, м <sup>3</sup> . . . . .	4,0	2,35
Скорость фильтрации, мм/с:		
для сока I сатурации . . . . .	0,42·10 <sup>-3</sup>	0,42·10 <sup>-3</sup>
для сока II сатурации . . . . .	0,91·10 <sup>-3</sup>	0,91·10 <sup>-3</sup>
для сиропа . . . . .	0,26·10 <sup>-3</sup>	0,26·10 <sup>-3</sup>
Масса, кг . . . . .	2300	1350

**Инженерные расчеты.** Производительность патронных фильтров, соответствующая производительности завода по свекле  $\Pi$  (т/сут), определяется по формуле

$$\Pi = 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot F_{cp} / 10 \cdot P,$$

где  $F$  — площадь поверхности фильтрации фильтров, м<sup>2</sup>;  $c$  — скорость фильтрации продукта, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с);  $P$  — количество фильтрованного сока или сиропа, % к массе переработанной свеклы (принимается из продуктового расчета);  $\rho$  — плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Требуемая площадь фильтрации патронных фильтров  $F$  (м<sup>2</sup>), соответствующая производительности завода, определяется из формулы

$$F = 10\Pi P / 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot c\rho.$$

Количество фильтров определяется из выражения

$$m = (F / F_1) + 1,$$

где  $F_1$  — площадь фильтрации одного фильтра, м<sup>2</sup>.

Патронные фильтры имеют значительные недостатки: требуют постоянного давления в период нанесения вспомогательного фильтрующего слоя, применения сжатого воздуха для поддержания осадка в период спуска нефильтрованного сока перед промывкой осадка, подачи воздуха внутрь фильтрующих элементов при удалении осадка.

**Дисковые фильтры типа ФД** являются фильтрами периодического действия, в которых фильтрация производится под давлением. Поверхность фильтрации представляет собой диски, установленные на полом вращающемся валу. Промытый осадок удаляется гидравлическим способом. Применяются они для фильтрации сока I и II сатураций.

По сравнению с фильтр-прессами они имеют следующие преимущества: облегчают условия труда, сокращают затраты рабочей силы, уменьшают расход фильтровальной ткани и обеспечивают получение чистого фильтрата, не требующего контрольной фильтрации.

В отечественной сахарной промышленности применяются дисковые фильтры типов ФД-80, ФД-100 и ФД-150.

**Дисковый фильтр ФД-100** (рис. 11.21) состоит из следующих основных узлов: корпуса фильтра 24, трубовала 7, фильтрующих элементов, приемника сока 28, соплового устройства 23, лопастного вала 12 для удаления осадка, привода 11 трубовала и привода 18 лопастного вала, кронштейна конического 2, трубы отводной из контрольного элемента 4, трубки коллекторной 5, люков 6, днища 8, сальниковых

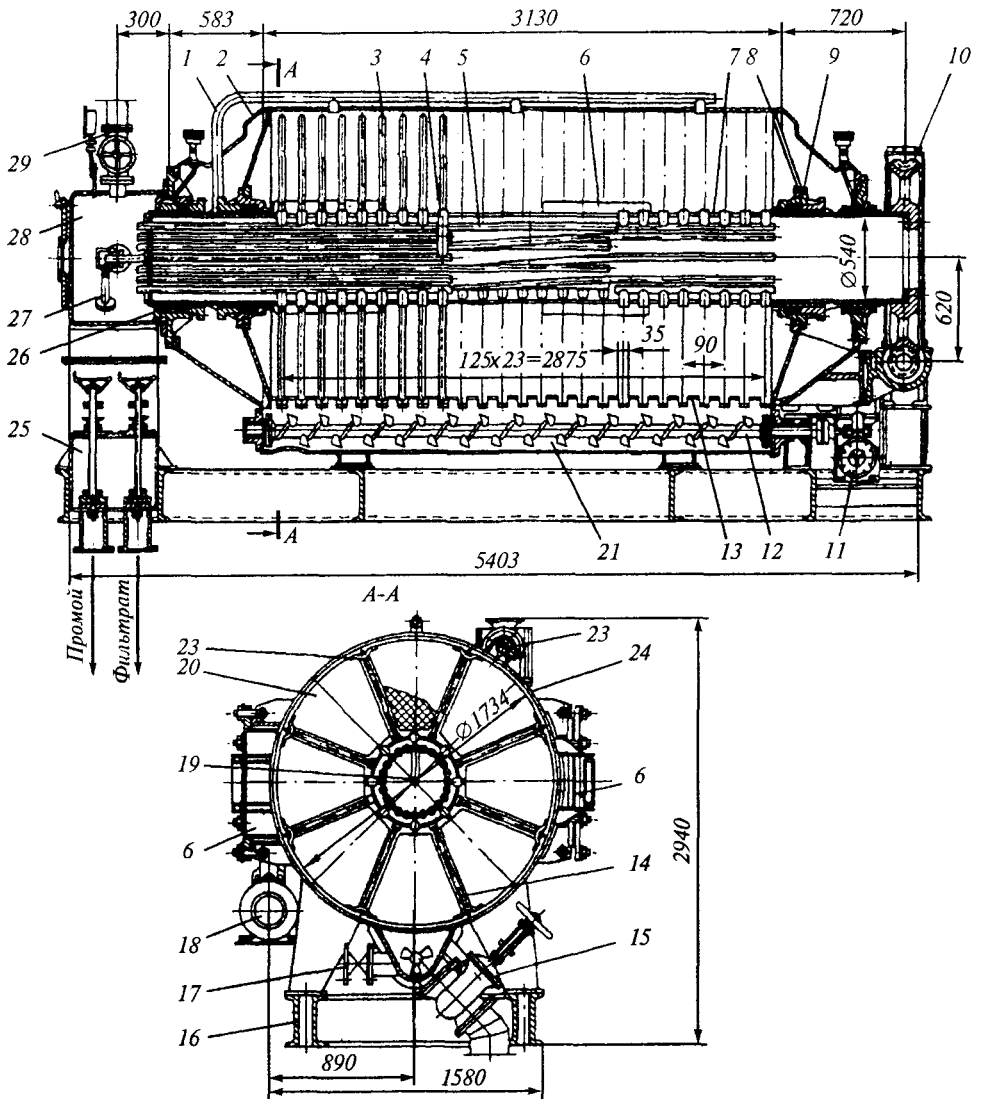


Рис. 11.21. Дискový фильтр ДФ-100

уплотнений 9, червячной передачи 10, вырезов 13, стойки 14, рамы 16, штуцера 17, трубы центральной 19, элемента 20, желоба 21, зажима 22, сборника 25, опоры 26, трубки отводной 27, трубы вытяжной 29.

На корпусе фильтра в верхней части расположена труба 1 для рециркуляции нефильрованного сока, на которой установлен предохранительный вентиль 15. По этой трубе подводится также сжатый воздух внутрь фильтра для вытеснения сока перед промывкой осадка.

Цикл фильтрации на данном фильтре состоит из следующих операций: фильтрации сока через элементы дисков 3 с отложением осадка на поверхности элементов, обессахаривания осадка с получением промоя, удаления осадка из фильтра при помощи струй воды.

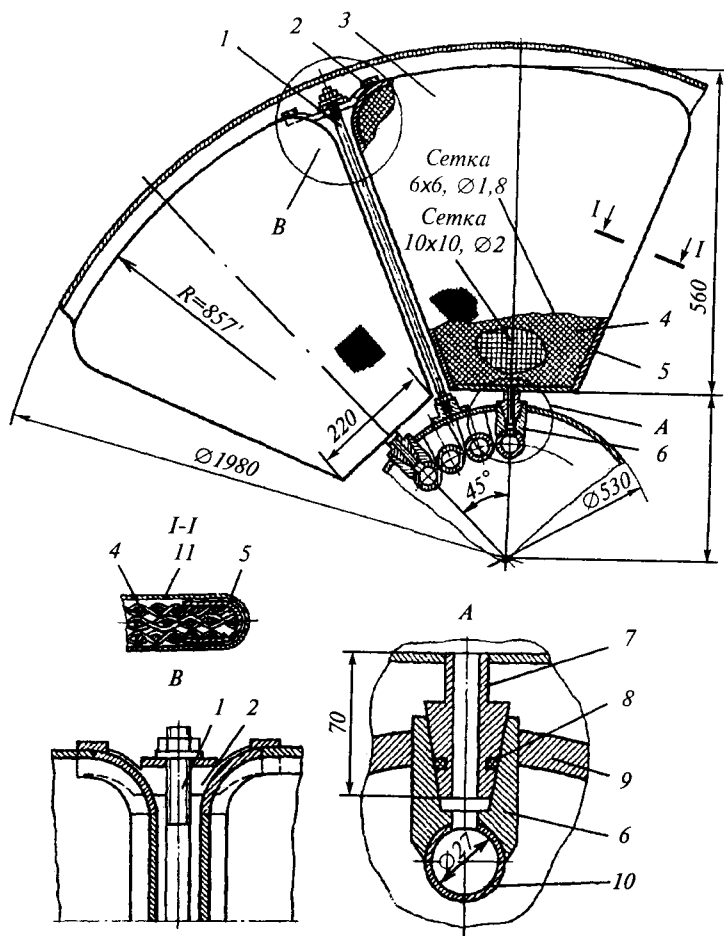


Рис. 11.22. Фильтрующий элемент

При использовании фильтра для фильтрации сока I сатурации применяются методическая промывка осадка и гидравлическое удаление его с поверхности фильтрующих элементов.

На некоторых сахарных заводах дисковые фильтры применяются для фильтрации сока II сатурации. В этом случае правила обслуживания фильтров остаются такими же, но необходимо учесть следующее при их установке.

Работа фильтров ведется без промывки осадка, а последний после гидравлического смыва сопловыми устройствами при помощи фильтрованного сока I или II сатурации направляется на преддефекацию через насос рециркуляционного сока. Поэтому при установке фильтров необходимо предусмотреть коммуникации для подвода сока и отвода смывого осадка, а коммуникации аммиачной воды и сжатого воздуха к фильтрам не подводятся.

Фильтры типов ФД-80 и ФД-150 по конструкции сходны с фильтром ФД-100, но они не имеют сопловых аппаратов для снятия с дисков слоя осадка, а фильтр ФД-150 не имеет также и шнека для удаления осадка. Съём осадка с элементов диска этих фильтров производится обратным током фильтрованного сока.

**Фильтрующий элемент** (рис. 11.22) состоит из желобчатого каркаса 5, трехслойной сетки 4, являющейся опорным основанием для холста 11. В нижней части каркаса вварен штуцер 7, который устанавливается в конусном отверстии втулки 6 трубовала 9. Таким образом, внутренняя полость фильтрующего элемента 3 соединяется с коллекторной трубкой 10 для отвода фильтрата. Штуцер имеет уплотнение 8.

Элемент укрепляется на трубовале 9 при помощи радиально расположенных шпилек 1. Шпильки ввинчены одним концом в приваренные площадки к трубовалу, а другим концом соединены с дугообразными желобчатыми накладками 2, которые при помощи гаек прижимают элементы к валу.

На элементы надевается фильтровальная ткань в один слой. В качестве ткани применяется бумажный холст типа бельтинг или тонкая капроновая ткань массой не менее 400 г/м<sup>2</sup>.

Из фильтровальной ткани заранее сшиваются мешки двойным швом по размерам рамки с учетом усадки ткани, но одна боковая сторона мешка оставляется незашитой. Затем элемент вставляется в вывернутый мешок и боковая сторона его зашивается двойным швом, а выступающий штуцер плотно обшивается и обматывается тесьмой.

При монтаже фильтров необходимо соблюдать следующее:

а) фильтрующие элементы на трубовале должны быть установлены перпендикулярно оси вала с одинаковыми промежутками между смежными дисками. Биение элементов в отдельных дисках не допускается более 3...4 мм;

б) оси сопел сопловой трубы должны быть параллельны плоскости дисков и находиться на одинаковом расстоянии от поверхности смежных дисков;

в) площадь сита в ловушке для воды, поступающей в сопла, должна быть не менее 1 м<sup>2</sup>, а отверстия в сите должны иметь диаметр 1,5...2,0 мм;

г) для ручной смывки остатков осадка с фильтрующих элементов необходимо иметь брандспойт с насадкой диаметром 12 мм.

В период эксплуатации фильтров необходимо выполнять следующее:

а) один раз в смену производить осмотр фильтра с открытием люков. При обнаружении части осадка после его удаления на отдельных дисках его необходимо смыть при помощи ручного брандспойта;

б) проверить состояние форсунок сопловой трубы. Для этого необходимо повернуть сопловую трубу на 90° за рукоятку, открыть пробки на корпусе сопловой трубы и через лючки проверить состояние выходных отверстий сопел, в случае необходимости почистить их. Если проверка сопел производится при заполненном фильтре, перед проверкой необходимо снять давление с фильтра;

в) если из отдельной коллекторной трубки выходит мутный сок, необходимо остановить фильтр, снять давление с фильтра и заглушить трубку. При очередной остановке фильтра на смыв осадка проверяют состояние элементов, подключенных к этой коллекторной трубке. При проверке на конец трубки, выходящий в приемник сока, надевают насадку со шлангом, конец которого присоединяют к водяной коммуникации с давлением не более 0,15 МПа. Осматривая эту секцию через люк корпуса фильтра, можно легко определить поврежденный фильтрующий элемент по величине выходящей струи воды из него;

г) при длительных интервалах между смывом осадка очередных фильтров необходимо насос смывной воды и компрессор останавливать;

д) периодически, по мере засорения фильтровальной ткани, ее необходимо регенерировать, используя для этого кислотную установку для выпарной станции.



Перед регенерацией внутренность фильтра следует тщательно промыть горячей водой, а элементы очистить щетками. После регенерации внутреннюю часть фильтра и ткань элементов промыть водой.

### Техническая характеристика фильтров типа ФД

Показатель	ФД-80	ФД-100	ФД-150
Производительность по свекле, т/сут. . . . .	400	500	1650
Поверхность фильтрации, м <sup>2</sup> . . . . .	80	100	150
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> : . . . . .			
трубовала. . . . .	0,50	0,55	0,55
лопастного вала . . . . .	4,5	4,0	4,0
Масса, кг . . . . .	7200	11400	8300

**Инженерные расчеты.** Производительность дисковых фильтров, соответствующая производительности завода по свекле  $P$  (т/сут), определяется по формуле

$$P = 60 \cdot F c \rho \tau_1 / P(\tau_1 + \tau_2).$$

Поверхность фильтрации фильтров  $F$  (м<sup>2</sup>), исходя из производительности завода, будет

$$F = 10PP(\tau_1 + \tau_2) / 24 \cdot 60 \cdot c \rho \tau_1,$$

где  $P$  — количество фильтрованного сока без учета промоя, % к массе свеклы;  $\tau_1$  — активное время фильтрации сока за один цикл без учета получения промоя, с;  $\tau_2$  — время вспомогательных работ за один цикл, с;  $c$  — средняя скорость фильтрации сока, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с);  $\rho$  — плотность сока, кг/м<sup>3</sup>.

Активное время фильтрации  $\tau_1$  (с) определяется по формуле

$$\tau_1 = \delta \rho_{oc} P / 2c \rho P_{oc},$$

где  $\delta$  — толщина осадка на элементах, м;  $\rho$ ,  $\rho_{oc}$  — соответственно плотность сока и осадка, кг/м<sup>3</sup>;  $P$ ,  $P_{oc}$  — соответственно количество фильтрованного сока и осадка, % к массе свеклы;  $c$  — средняя скорость фильтрации сока, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с).

**Вакуум-фильтры.** Независимо от того, какое оборудование применяется для сгущения осадка сока I сатурации, от осадка отделяется жидкая фаза и осадок промывается. Так как суспензия, поступающая из сгустителей на вакуум-фильтры, имеет температуру около 85 °С, то остаточное давление на вакуум-фильтрах не должно превышать 0,045...0,048 МПа. Таким образом, перепад давления, при котором осуществляется фильтрация на вакуум-фильтрах, в 4...5 раз меньше, чем на фильтрах циклического действия. Поэтому толщина слоя осадка на барабанах фильтров допускается не более 10...12 мм, а для быстрого роста толщины слоя осадка на фильтрующей поверхности фильтра поступающая на фильтрацию суспензия должна содержать сухих веществ не менее 20 %.

Применяются вакуум-фильтры камерного типа и бескамерные.

На рис. 11.23, а показана принципиальная схема работы камерного вакуум-фильтра. В корпус фильтра 1 подается сгущенная суспензия сока I сатурации, в которую погружен вращающийся барабан 2. Поверхность барабана разделена на отдельные секции перегородками 3. Каждая секция трубками 5 соединена с подвижной головкой 6 фильтра. Головка имеет отверстия, количество которых соответствует количеству секций барабана.

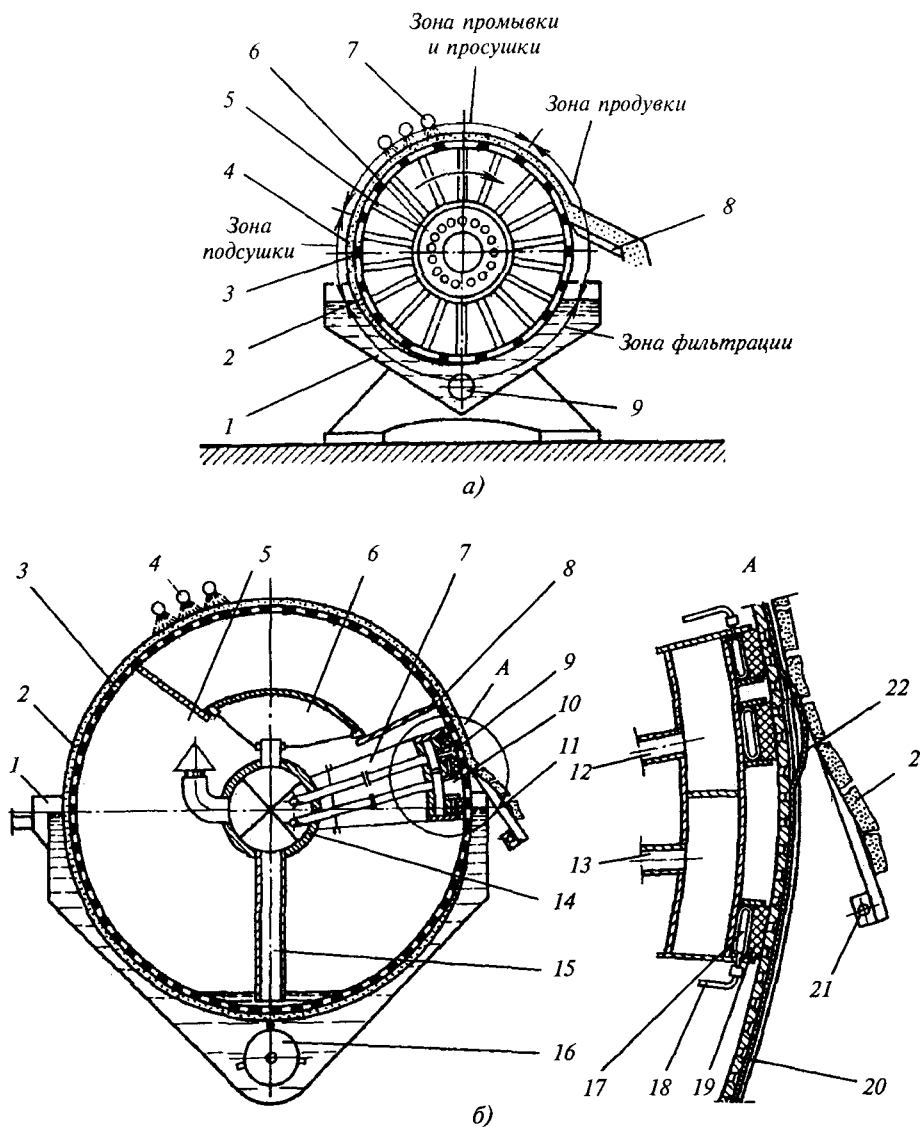


Рис. 11.23. Схемы вакуум-фильтров:  
а — камерного; б — бескамерного

Секции покрываются опорной поверхностью, на которую накладывается холст. Холст натягивается и закрепляется проволокой из нержавеющей стали диаметром 2...3 мм при помощи специальных приспособлений.

Сверху над барабаном вакуум-фильтра расположены форсунки 7 для промывки осадка 4. Для удаления осадка из барабана вакуум-фильтра установлен нож 8. В корпусе фильтра имеется мешалка 9 для взмучивания осадка.

Для отвода фильтрованного сока, промоя и подвода сжатого воздуха, для отдувки осадка от холста к подвижной головке прижимается неподвижная головка.

На рис. 11.23, б представлена принципиальная схема бескамерного вакуум-фильтра. По конструкции он значительно проще камерного фильтра, так как барабан его не имеет отдельных камер, отсутствуют также распределительные головки.

Перфорированный барабан 3 фильтра закрыт боковыми крышками, и поверхность его при помощи резинового уплотнения 19 делится на две зоны: зону 5, находящуюся под разрежением, и зону 7, в которой действует давление. В зоне разрежения происходит фильтрация суспензии, промывка и подсушивание осадка. Промой отводится из сборника, образованного стенками 8. В зоне давления осуществляются отдувка осадка при помощи воздуха, поступающего по трубе 12, и регенерация ткани при помощи пара или жидкости, поступающих по трубе 13.

Барабан фильтра устанавливается на неподвижной полой оси 14 при помощи подшипников в корпусе 1. Полая ось 14 соединена трубой 15 с нижней частью барабана, фильтра, куда по устройству 16 подается сок. Для отвода продуктов фильтрации, а также подвода воздуха для отдувки осадка 2 и жидкости для регенерации ткани 22 полая ось делится на секции. В некоторых конструкциях фильтров для этой цели в полой оси устанавливаются специальные трубы. По верхней секции полой оси отводится промой, который собирается в сборнике 6. Левая секция соединена с вакуум-ресивером, через нижнюю секцию отводится отфильтрованный сок. Через правую секцию полой оси подводятся воздух для отдувки осадка и пар или жидкость для регенерации ткани.

Барабан обтягивается фильтровальной тканью, которая закрепляется проволокой 20. Вращение барабана осуществляется от привода через шестерню, прикрепленную к передней крышке барабана. Поверхность барабана фильтра погружена в суспензию на 50...60 %.

Осадок промывается при помощи форсунок 4, отдувается воздухом, поступающим через щель 9, и удаляется ножом 11, имеющим цапфу 21 для осуществления установки. Через щель 10 производится регенерация ткани паром или жидкостью.

Резиновые уплотнения прижимаются к внутренней поверхности барабана при помощи полых резиновых подушек 17, в которые подводится вода по гибким шлангам 18. Давление воды должно составлять 0,5...0,6 МПа.

Так как резиновые уплотнения все время прижимаются к внутренней поверхности барабана и работают на истирание, то барабан внутри должен быть гладким. Практика эксплуатации вакуум-фильтров данного типа показывает, что уплотнения быстро изнашиваются. Применение ротационных уплотняющих устройств из синтетических материалов, видимо, может устранить этот недостаток.

**Камерный вакуум-фильтр БШУ-40-3-10** (рис. 11.24) состоит из следующих узлов: привода барабана фильтра 1, распределительных головок II и VI, барабана III, промывного устройства VII, мешалки для взмучивания осадка IV и привода мешалки V.

Кроме того, в его состав входят электродвигатель 1, вариатор 2, редуктор 3, патрубков 4 для сжатого воздуха, левая 5 и правая 16 распределительные головки, подшипник 6, шестерня 7, передняя крышка 8, подводящие трубы 9, барабан 10, коллекторные трубы 11, патрубков 12, форсунка 13, трубы 14 для промывки осадка, шланга 15, штуцер 17 для отвода фильтрата, редуктор 18, штанги 19 и 24, спускные штуцера 20 и 22, мешалка 21, корпус 23, штуцера 25, 26, 37 для отвода промоя, устройство 27 для крепления ножа, устройство 28 для намотки проволоки на барабан, кран 29, фильтр 30, кожух 31, распределитель 32, горизонтальные трубы 33 и 35, радиальные трубы 34 и 36, штуцер 38 для подвода суспензии, электродвигатель 39 и редуктор 40.

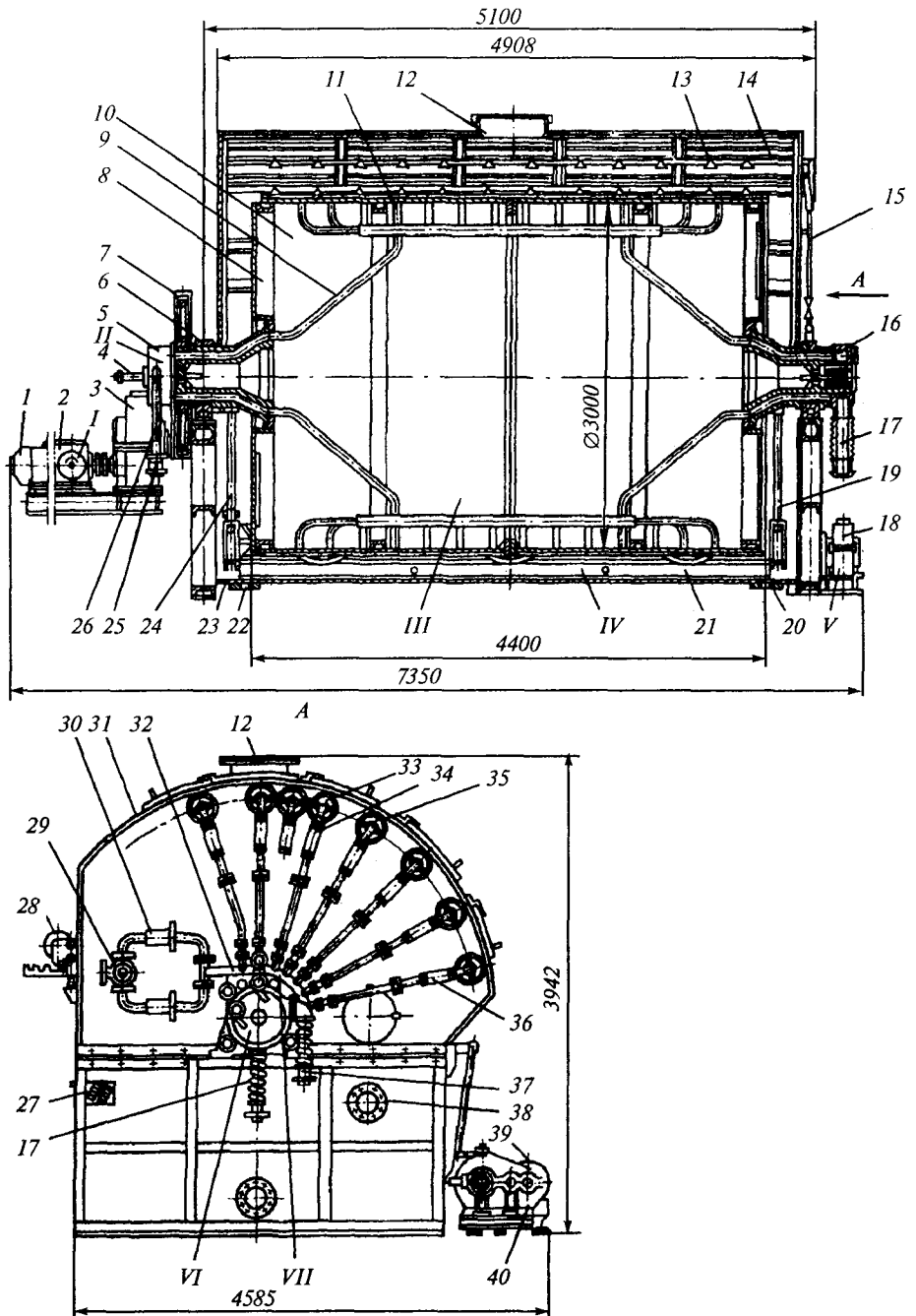


Рис. 11.24 Вакуум-фильтр БШУ-40-3-10

Барaban 10 фильтра вращается в корпусе 23, куда по штуцеру 38 непрерывно поступает сгущенный осадок. Невращающиеся части распределительных головок 5 и 16 прижаты к торцовым поверхностям вращающихся цапф и при работе фильтра по-

следовательно соединяют секции барабана с соответствующими окнами в неподвижной части распределительных головок.

Когда секция барабана погружена в суспензию, происходит фильтрация за счет разрежения, создаваемого конденсатором в правой распределительной головке 16. Жидкая фаза суспензии отводится при этом через штуцер 17, а на поверхности ткани этой ячейки отлагается слой осадка. Так как при увеличении толщины слоя осадка сопротивление фильтрации растет, то для сохранения производительности фильтра к секции через угол поворота барабана  $36^\circ$  подключается распределительная головка 5 с более высоким разрежением. При этом фильтрат отводится через штуцер 25, а на поверхности ткани этой секции толщина слоя осадка возрастает. Процесс фильтрации в каждой секции барабана происходит до тех пор, пока она находится в зоне фильтрации. Размеры зон фильтрации регламентируются размерами окон в шайбах неподвижных головок (рис. 11.25). Фильтр имеет следующие размеры зон в дуговых градусах:

	Средний	Максимальный
I зона фильтрации при повышенном разрежении . . . . .	109	120
II промежуточная . . . . .	2	—
III зона первой просушки и промывки при пониженном разрежении . . . . .	87	102
IV промежуточная . . . . .	$2^\circ 30'$	—
V зона промывки при повышенном разрежении. . . . .	15	30
VI промежуточная зона . . . . .	$2^\circ 30'$	—
VII зона второй просушки и промывки при пониженном разрежении . . . . .	83	98
VIII промежуточная зона . . . . .	4	—
IX зона отдувки . . . . .	42	57
X промежуточная зона . . . . .	13	—

Далее секция барабана проходит промежуточную зону II, входит в зону III первой просушки и промывки при пониженном разрежении, при этом более концентрированный раствор отводится через штуцер 37 правой распределительной головки 16. В зоне V происходит промывка слоя осадка при повышенном разрежении, создаваемом вакуум-насосом через левую распределительную головку. Концентрированный промой отводится через штуцер 25 этой головки (см. рис. 11.24).

После V зоны секции барабана вакуум-фильтра соединяются с зоной VII второй просушки и промывки осадка с уменьшенным разрежением. Полученный промой удаляется через штуцер 26 левой распределительной головки. Зона VII отделяется от зоны отдувки осадка IX промежуточной зоной VIII. Отдувка осуществляется сжатым воздухом с избыточным давлением 0,02 МПа, поступающим по патрубку 4 левой головки.

В этой же зоне осадок снимается с ткани ножом. После прохождения секциями барабана промежуточной зоны X процесс повторяется.

В зонах III, V и VII осадок промывается аммиачной водой, поступающей через кран 29, фильтры 30, распределитель 32, радиальные 36 и горизонтальные 35 трубы в форсунки 13. Через трубы радиальную 34 и горизонтальную 33 в форсунки поступает раствор соляной кислоты для регенерации ткани.

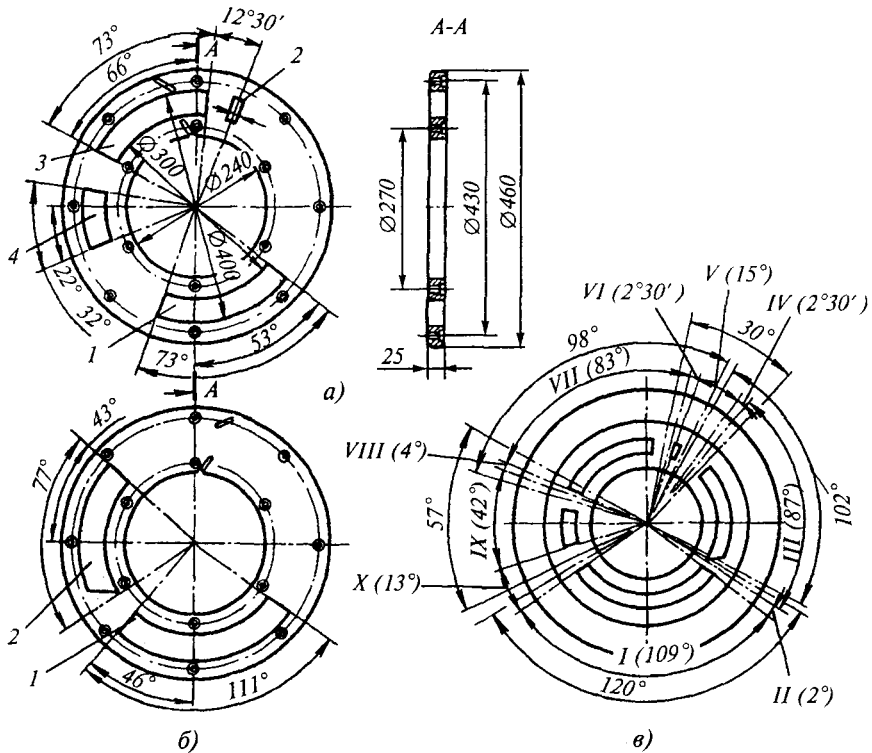


Рис. 11.25. Шайбы неподвижных головок вакуум-фильтра БШУ-40-3-10:  
а — левой головки; б — правой головки; в — схема деления секций барабана фильтра на зоны при совмещении шайб

Избыток поступающей в корпус фильтра суспензии удаляется через сливную коробку, а окончательный спуск осуществляется через штуцера 20 и 22.

Барабан фильтра своими цапфами установлен в подшипниках 6 и приводится во вращательное движение с частотой 0,118...2,14 об/мин от трехступенчатого электродвигателя 1 максимальной мощности 2,8 кВт через вариатор 2 и редуктор 3.

Мешалка 21 совершает 20 двойных качаний в минуту и приводится в движение от электродвигателя через редуктор 18 и штанги 19 и 24.

**Барабан фильтра** представляет собой горизонтальный сварной цилиндр, состоящий из двух частей, соединенных при помощи фланцев. На наружной поверхности барабана 1 (рис. 11.26) приварены планки 3, разделяющие всю поверхность барабана по длине на 24 секции. На планках установлена перфорированная опорная поверхность 8 (рис. 11.26, б), через отверстия которой фильтрат проходит в секции. Фильтрация суспензии осуществляется через ткань 2, которая укладывается на опорную поверхность — резиновые коврики 7. Перфорированная опорная поверхность 8 (сетка) крепится на барабане с помощью штифтов 6. Жгут 4 укладывается в пазы 5 планок.

В фильтрах типа «Эймко», выпускаемых французской фирмой «Фив Лилль-Кай», вместо перфорированной поверхности барабанов применяются плетеные проволочные сетки 2. На рис. 11.26, а показан способ закрепления на барабане стальной сетки при помощи штифтов 6, укладка пенькового жгута, закрепление холста 3 проволокой 7.

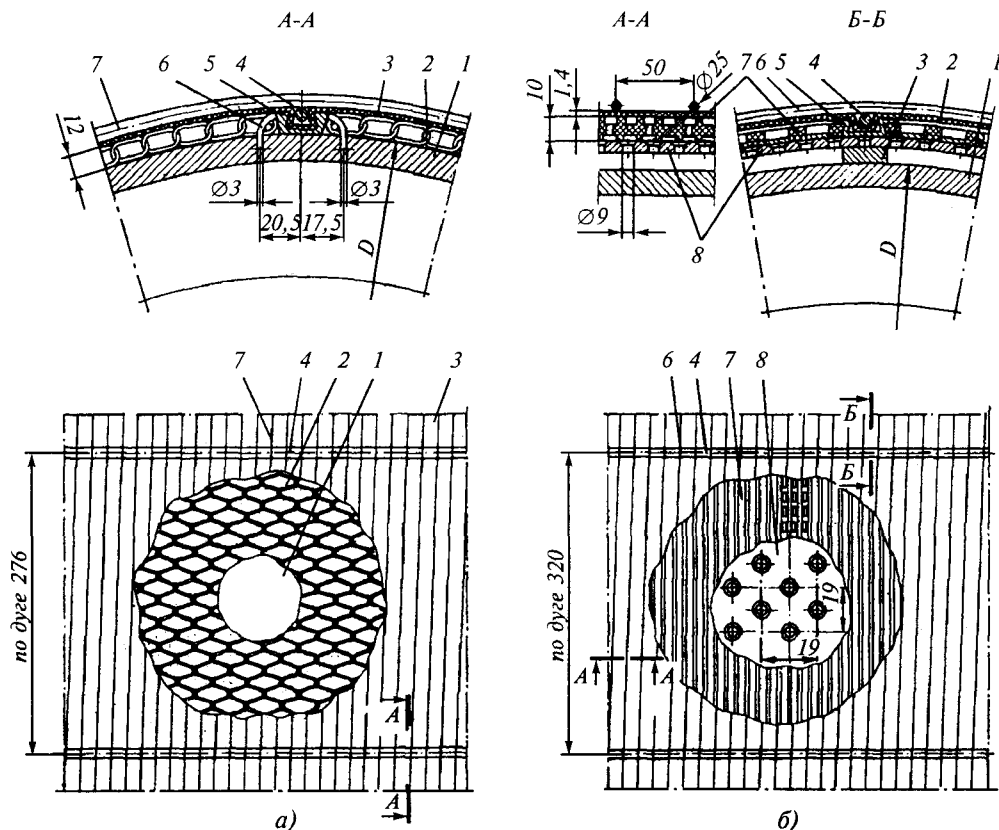


Рис. 11.26. Барабаны вакуум-фильтров:

*а* — с опорной сетчатой поверхностью; *б* — с опорной поверхностью в виде резиновых ковриков

Жгут укладывается в канавки планок, приваренных на наружной поверхности барабана. Планки образуют отдельные секции барабана. Ткань закрепляется при помощи нержавеющей проволоки.

Резиновые коврики имеют преимущества по сравнению со стальными сетками. Они легко снимаются в случае регенерации их и увеличивают срок службы ткани, так как не окисляют ее.

Из каждой секции фильтров коллекторными трубками фильтрат отводится к распределительным головкам. Секции в верхней части разобщены между собой при помощи резиновых шнуров 4, вставленных в пазы планок 5.

**Левая распределительная головка вакуум-фильтра БШУ-40-3-10** (рис. 11.27) состоит из подвижной 4 и неподвижной 9 частей со съемными шайбами. Она включает также гнезда 1 и 2, штуцер 3 для подвода сжатого воздуха, шайбы 5 и 6, винт 7, ось 8, стакан 10, смотровое стекло 11, опору 12, окно 13, шланги 15, 16 и 18. Шайбы прикрепляются к цапфе барабана, т. е. к подвижной части и неподвижному корпусу головки, винтами 7. Неподвижная шайба имеет окна, количество которых соответствует количеству окон в неподвижном корпусе головки.

Неподвижная часть головки прижимается к подвижной шайбе с помощью пружины 17, насаженной на ось 8. Ось пружины крепится в стакане 10, прикрепленном к цапфе подвижной части головки. Большие полости головки имеют отвод 19, к кото-

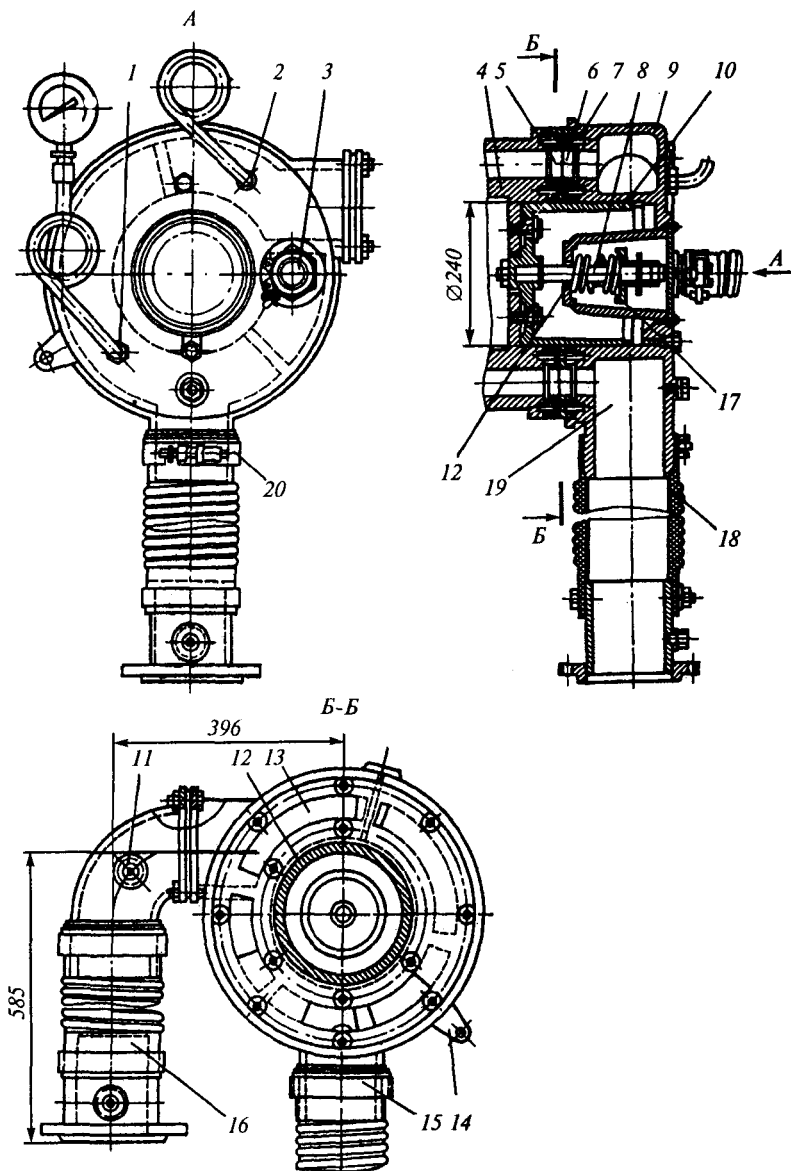


Рис. 11.27. Левая распределительная головка вакуум-фильтра БШУ-40-3-10

рому хомутиком 20 крепится рукав 18. Сжатый воздух в головку подается через штуцер 3. Разрежение в определенных зонах фильтра контролируется вакуумметрами, присоединенными к гнездам 1 и 2. Для установки неподвижной головки в определенном положении по отношению к правой головке имеется проушина 14.

Сравнивая конструкции распределительных головок различных типов фильтров, необходимо отметить значительные преимущества распределительных головок фильтра БШУ-40-3-10: они позволяют изменять режим работы фильтра. Неподвижные диски, расположенные в правой и левой распределительных головках, различаются между собой (см. рис. 11.25). Так как в каждой секции фильтра имеются по две



коллекторные трубки и одна из трубок направлена к правой распределительной головке, а другая — к левой, это позволяет в фильтрах данной конструкции увеличить зону промывки осадка, что обеспечивает более глубокую промывку его при небольших расходах воды, и отобрать часть малоцентрированного раствора для приготовления известкового молока. Эти вопросы имеют актуальное значение для нормальной работы фильтров.

Фильтр оснащен самоочищающейся ловушкой для отделения окалины от промывной воды, которая подается к форсункам по трубам из нержавеющей стали. При регенерации ткани раствор соляной кислоты поступает в пластмассовые форсунки. Все трущиеся части фильтра смазываются централизованно. Уровень суспензии в корпусе фильтра и сока в ресиверах поддерживается автоматически.

### Техническая характеристика вакуум-фильтров БШУ-40-3-10

Производительность по свекле, т/сут . . . . .	800...1000
Поверхность фильтрации, м <sup>2</sup> . . . . .	40
Диаметр барабана, мм . . . . .	3000
Длина барабана, мм . . . . .	4400
Частота вращения барабана, с <sup>-1</sup> . . . . .	0,0026...0,0260
Температура суспензии при фильтрации, К . . . . .	273...368
Угол погружения барабана в суспензию, град . . . . .	109...120
Величина вакуума в зоне фильтрования, МПа . . . . .	0,08
Давление при продувке, МПа . . . . .	0,2
Установленная мощность, кВт . . . . .	7,0
Габаритные размеры, мм . . . . .	7350×4585×3942
Масса, кг . . . . .	21 415

**Инженерные расчеты.** Производительность вакуум-фильтров по свекле  $\Pi$  (т/сут) определяется по уравнению

$$\Pi = 864 \cdot 10^3 FK_{\text{ср}} / P_c (100 - \mu),$$

где  $F$  — общая площадь поверхности фильтрации вакуум-фильтров, м<sup>2</sup>;  $K$  — коэффициент использования поверхности фильтрации, выражающий отношение угла зоны фильтрации к 360° (для фильтров малого погружения принимается равным 0,3, для фильтров глубокого погружения — 0,5);  $c$  — скорость фильтрации, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с);  $\rho$  — плотность фильтрованного сока, кг/м<sup>3</sup>;  $P_c$  — количество жидкой части нефильтрованного сока I сатурации, % к массе свеклы (определяется из продуктового расчета по формуле  $P_c = P - 4(C_0 + C_1)$ );  $\mu$  — количество сока, отфильтрованного на дисковых сгустителях или осветленного в отстойниках, % к общему количеству жидкой части нефильтрованного сока I сатурации, по нормативам принимают 80 %.

Количество сока, отфильтрованного в вакуум-фильтрах  $P_{\text{вф}}$  (в % к массе свеклы)

$$P_{\text{вф}} = P_c (100 - \mu) / 100.$$

Необходимая площадь фильтрации вакуум-фильтров  $F$  (м<sup>2</sup>)

$$F = \Pi P_c (100 - \mu) / 864 \cdot 10^3 K_{\text{ср}}.$$

Мощность привода вакуум-фильтра должна быть достаточной для преодоления моментов сопротивления, возникающих вследствие неуравновешенности осадка на барабане фильтра ( $M_1$ ), среза осадка ножом ( $M_2$ ), сопротивления от трения плоскости неподвижной головки о поверхность диска износа ( $M_3$ ) и трения вала фильтра в подшипниках ( $M_4$ ).

Необходимая мощность электродвигателя  $N$  (кВт) определяется по формуле

$$N = (\sum M_i) n / 974 \eta,$$

где  $\sum M_i$  — суммарный момент сопротивления, Н·м;  $n$  — частота вращения барабана, мин<sup>-1</sup>;  $\eta$  — КПД привода.

Сумма моментов сопротивлений

$$\sum M_i = M_1 + M_2 + M_3 + M_4.$$

Момент сопротивления от неуравновешенности осадка, если считать, что осадком не покрыта 1/4 поверхности барабана, определяется по формуле

$$M_1 = G_1 r \sin(\alpha / 2),$$

где  $G_1$  — вес неуравновешенного осадка, Н ( $G_1 = \pi D \delta l \rho$ );  $r$  — расстояние от центра тяжести неуравновешенной части осадка до оси барабана, м ( $r = D/2$ );  $\alpha$  — угол сектора неуравновешенной части осадка на барабане.

$$M_1 = 1,57 D^2 \delta l \rho \sin \alpha / 2,$$

где  $D, l$  — диаметр и длина барабана фильтра, м;  $\delta$  — толщина слоя осадка, м;  $\rho$  — плотность осадка, кг/м<sup>3</sup>.

Момент сопротивления при срезе осадка определяется по формуле

$$M_2 = 0,5 f q l \delta D,$$

где  $f$  — коэффициент трения ( $f = 0,2 \dots 0,3$ );  $q$  — удельное сопротивление среза осадка, Н/м<sup>2</sup> ( $q = 700 \dots 3000$  Н/м<sup>2</sup>).

Момент сопротивления от трения прилегающих плоскостей распределительной головки определяется по формуле

$$M_3 = z f_1 P_0 F r_m,$$

где  $z$  — число распределительных головок вакуум-фильтра;  $f_1$  — коэффициент трения между плоскостями неподвижной и подвижной частей распределительной головки;  $P_0$  — сила прижатия головки к торцу вала, Н/м<sup>2</sup>;  $F$  — площадь трения торца вала, м<sup>2</sup>;  $r_m$  — радиус трения торца вала, м.

Момент сопротивления от трения в подшипниках вала фильтра определяется по формуле

$$M_4 = f_2 G_6 d_{\text{ц}} / 2,$$

где  $f_2$  — коэффициент трения в подшипниках вала;  $G_6$  — сила давления вала барабана на подшипник, Н;  $d_{\text{ц}}$  — диаметр цапфы подшипника, м.

## 11.5. МЕМБРАННЫЕ МОДУЛИ И АППАРАТЫ

*Мембрана* — это фильтрующая перегородка с размерами пор, приближающимися к размеру молекул.

Мембраны изготовляют из различных материалов: полимерных пленок, стекла, металлической фольги и т. д. Наиболее распространены мембраны из полимерных пленок.

Мембраны должны обладать следующими свойствами: высокой разделяющей способностью (селективностью); высокой удельной производительностью (проницаемостью); постоянством своих характеристик в процессе эксплуатации; химической стойкостью в разделяющей среде; механической прочностью; невысокой стоимостью.

Полупроницаемые мембраны бывают пористыми и непористыми. Через непористые мембраны растворитель и растворенные вещества проникают под действием градиента концентрации в результате молекулярной диффузии. Поэтому эти мембраны называют диффузионными. Они представляют собой квазигомогенные гели. Скорость диффузии компонентов через эти мембраны зависит от энергии активации при взаимодействии частиц компонентов с материалом мембран.

Скорость диффузии также зависит от подвижности отдельных звеньев мембранной матрицы и от размеров диффундирующих частиц. Скорость тем выше, чем сильнее набухает мембрана.

Скорость диффузии молекул через диффузионную мембрану прямо пропорциональна коэффициенту диффузии, который зависит от размеров молекул и их формы.

Диффузионные мембраны применяются для разделения компонентов с близкими свойствами, но с молекулами различных размеров.

Так как диффузионные мембраны не имеют капилляров, они не забиваются и их проницаемость остается постоянной в процессе разделения.

Диффузионные мембраны обычно применяют для разделения газовых и жидких смесей методом испарения через мембрану.

Для проведения процессов обратного осмоса и ультрафильтрации применяют пористые мембраны, изготавливаемые в основном из полимерных материалов. Полимерные мембраны могут быть анизотропными и изотропными.

Мембрана с анизотропной структурой состоит из тонкого поверхностного слоя на микропористой «подложке». Разделение происходит на поверхностном активном слое, и практически весь перепад давления приходится на этот слой.

Изотропные мембраны образуются при облучении тонких полимерных пленок заряженными частицами с последующим травлением химическими реагентами. Выпускают изотропные мембраны на основе поликарбонатных пленок.

В промышленности применяют следующие полимерные мембраны: целлюлозные, на основе эфиров целлюлозы, акрилонитриловые, нейлоновые, поливинилхлоридные, изготовленные на основании поликарбонатов и полисульфонов.

Наиболее широко распространены в различных промышленных производствах полимерные мембраны. Эти мембраны, изготовленные из различных полимеров, имеют ряд преимуществ: достаточную механическую прочность, равномерность размеров пор, высокую химическую стойкость. Фильтрующая перегородка из полимерных мембран может иметь любую форму. Изготавливают полимерные мембраны в виде плоских пленок и лент, цилиндрических пленок на пористой цилиндрической основе и полых волокон.

По назначению различают полимерные мембраны для разделения газов и жидких смесей. Внутри этих двух групп мембраны различают в зависимости от конкретного процесса. Например, мембраны для жидкостей делятся на микрофильтрационные, ультрафильтрационные, обратноосмотические, диализные и т.д.

Полимерные мембраны по устройству можно разделить на три группы: симметричные и асимметричные мембраны и полые волокна.

Симметричные мембраны имеют одинаковые по размеру поры, пронизывающие мембрану в одном направлении. Эти мембраны, получаемые методом бомбардирования полимерных пленок ядрами тяжелых металлов, не обладают достаточной пористостью и потому имеют ограниченное применение.

Асимметричные мембраны состоят, как правило, из двух и более слоев различной плотности и пористости. Несмотря на малые размеры пор в рабочем слое мембраны, гидравлическое сопротивление при фильтрации жидкости через него невелико из-за очень малой толщины (длины капилляра).

Второй слой имеет высокую пористость и большую толщину, обеспечивающую механическую прочность всей мембраны. Слои могут быть изготовлены из одного и того же полимера или из разных полимеров. Рабочий слой может быть нанесен на любой пористый материал (ткань, бумага и т. д.), если при этом обеспечивается надежная адгезия материала мембраны на выбранной подложке.

Мембраны — полые волокна — изготовляют наружным диаметром от 40 мкм до 2,5 мм и внутренним диаметром от 20 мкм до 1,5 мм. Толщина стенки полого волокна должна обеспечивать его прочность и устойчивость при действии внешнего или внутреннего давления. Несмотря на сравнительно большую неравномерность пор, полые волокна получили распространение в аппаратах для обратного осмоса и ультрафильтрации, так как обеспечивают огромную поверхность фильтрации в единице объема аппарата.

Жидкими мембранами называют полупроницаемые пленки из молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ), образованные на поверхности пористой основы. Необходимое условие образования жидкой мембраны — наличие водородных связей между молекулами воды и ПАВ. Такие ПАВ, как поливинилметилловый эфир и поликсиэтилированные алкилфенолы, эффективно повышают солеудерживающую способность мембран.

**Ультрафильтрационная установка А1-ОУС** (рис. 11.28) предназначена для выделения белков из подсырной сыворотки с целью получения белкового концентрата, а также лактозного раствора для пищевых целей.

В состав установки входят: резервуары исходного продукта 1 и 2, трубопроводы 3, 11, 13, 17; отвод 4; манометр 5; расширители 6 и 15; секции модулей 10, 12 и 14; фильтр 7, соединитель 8; ротаметр 9; клапан 16; теплообменник 18; резервуар фильтрата 19, предохранительный клапан 20; установка пластинчатая нагревательная 21; насос 22 и щит контроля и управления.

Ультрафильтрационная установка состоит из шести ультрафильтрационных секций, соединенных последовательно. Каждая ультрафильтрационная секция состоит из параллельно соединенных модулей 10, 12 и 14.

Конструкция модуля (рис. 11.29) представляет собой плоскорамный фильтр-пресс с плоскими фильтрующими элементами. Модуль состоит из нижней 1 и верхней 4 несущих плит, между которыми расположен пакет 8 фильтрующих элементов, содержащий опорную пластину, дренажный материал и полупроницаемую мембрану 11. Плиты стягиваются с помощью шпилек 2 и 10, гаек 3 и 6 и шайб 5. Фильтрующие элементы в пакете разделяются между собой эластичными прокладками 9.

Опорные пластины имеют отверстия в виде щели, длина которой равна ширине полупроницаемой мембраны 11. Мембрана выполнена в виде полосы, протодетой через щель, а эластичная прокладка 9 — в виде рамки, перекрывающей полупроницаемую мембрану по всем ее кромкам.

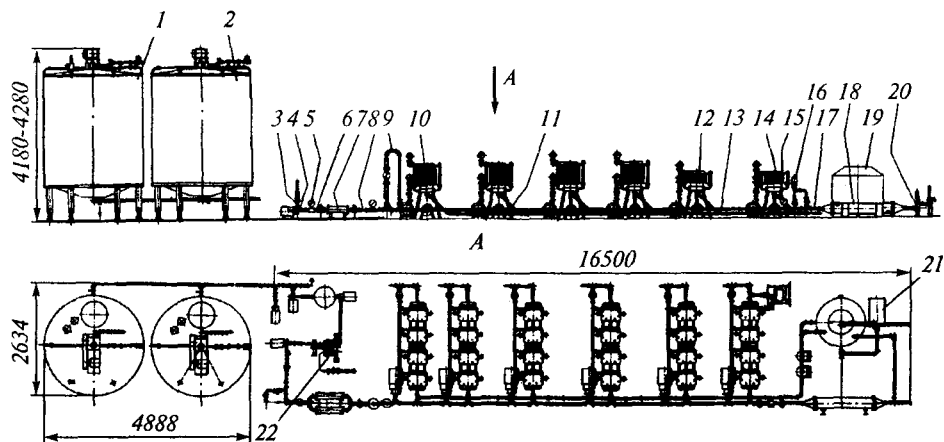


Рис. 11.28. Ультрафильтрационная установка AI-OUС

Модуль комплектуется мембранами типа УАМ-450 С и лавсановой фильтровальной тканью. На верхней плите 4 имеется рым-болт 7 для удобства монтажа и обслуживания.

Каждая секция содержит циркуляционный насос и теплообменник. Насос обеспечивает многократную циркуляцию продукта по контуру секции. Производительность насоса подобрана из условий обеспечения скорости жидкости над мембраной не менее 1,5...2,0 м/с. Теплообменник 18 предназначен для охлаждения циркулирующего продукта (см. рис. 11.28).

Подающий насос подает подсырную сыворотку в установку. Пластинчатая установка 21 предназначена для нагрева подсырной сыворотки перед подачей в первую секцию ультрафильтрационной установки.

Резервуары 1 и 2 служат для накапливания сыворотки перед ультрафильтрацией.

Фильтр 7 предназначен для фильтрации подсырной сыворотки перед ее поступлением в первую секцию ультрафильтрационной установки.

Контрольно-измерительные и регулирующие приборы, а также элементы управления технологическим процессом сосредоточены на щите контроля и управления.

Установка снабжена прессом, который используется при сборке модулей и предназначен для сжатия пластин модуля в пакет, обеспечивая тем самым его герметичность.

В ультрафильтрационной установке предусмотрено выполнение следующих операций: получение белкового концентрата с выделением фильтрата; нагрев подаваемой сыворотки; охлаждение промежуточного продукта в процессе его рециркуляции; периодическая мойка оборудования.

Работа установки осуществляется следующим образом.

При прохождении подсырной сыворотки через модули шести секций ультрафильтрационной установки происходит наращивание ее концентрации за счет отбора фильтрата, проходящего через полупроницаемые мембраны.

Фильтрат со всех шести секций установки отводится в промежуточный резервуар фильтрата, откуда он поступает в приемные емкости предприятия заказчика для дальнейшего использования.

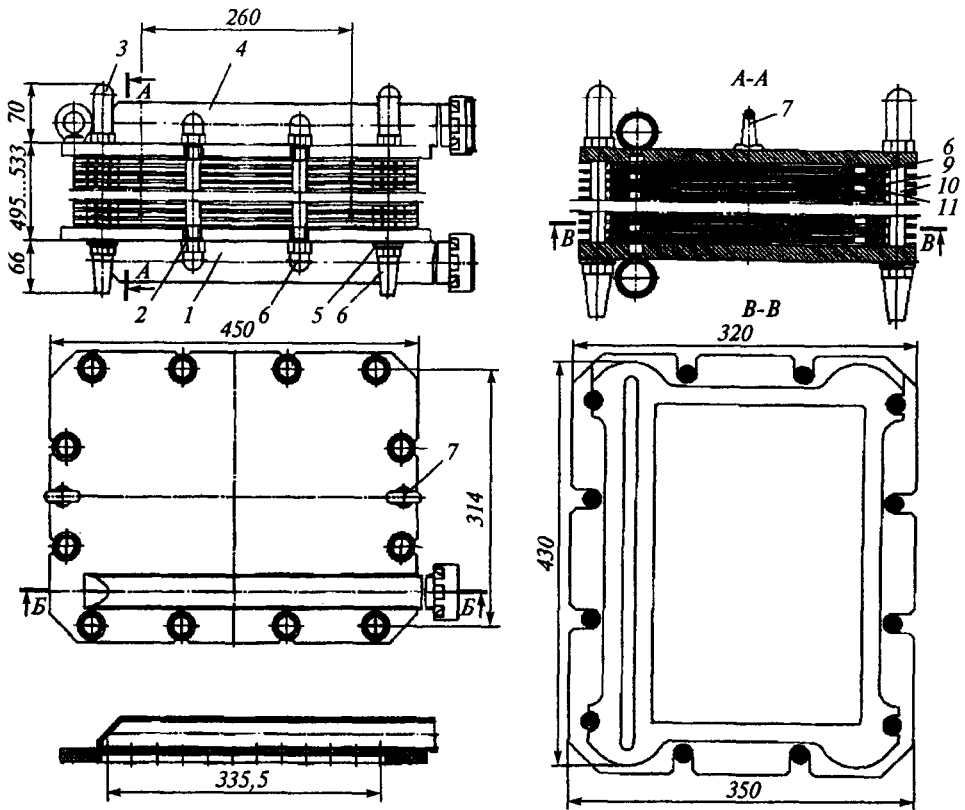


Рис. 11.29. Модуль ультрафильтрационной установки

Выход установки на режим осуществляется при закрытом регулирующем клапане. При достижении заданного значения содержания сухих веществ в шестой секции клапан открывается и производится выход концентрата. В процессе работы установки содержание сухих веществ в концентрате поддерживается автоматически регулирующим клапаном.

Подпитка системы в связи с непрерывным отбором фильтрата и выпуском готового концентрата при достижении заданного содержания сухих веществ обеспечивается непрерывной подачей выворотки из резервуаров насосом 22. Подпитка системы обеспечивает заданную производительность по фильтрату и концентрату.

### Техническая характеристика ультрафильтрационной установки А1-ОУС

Производительность, л/ч . . . . .	5000
Общая рабочая поверхность мембран, м <sup>2</sup> . . . . .	152
Давление сжатого воздуха, МПа . . . . .	0,6
Установленная мощность, кВт . . . . .	77,8
Температура воды, К . . . . .	353
Расход горячей воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	17

Температура ледяной воды, К . . . . .	273,5...274,5
Расход холода, кВт. . . . .	45,5
Температура горячей умягченной воды, К . . . . .	313...318
Расход горячей воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	3
Температура холодной умягченной воды, К . . . . .	291...293
Расход холодной воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	25
Габаритные размеры, мм . . . . .	16 500×3005×1828
Площадь установки, м <sup>2</sup> . . . . .	80
Масса, кг. . . . .	16 000

**Установка УОВКМ-2,5 очистки воды методом обратного осмоса на композитных мембранах** собирается из отдельных цилиндрических фильтрующих модулей (рис. 11.30).

Цилиндрический фильтрующий элемент (рис. 11.31, а—в) представляет собой сменный узел, собранный из полупроницаемой мембраны 2 и дренажного каркаса. Дренажный каркас состоит из трубы 1 и пористой «подложки» 3, исключающей вдавливание мембраны в дренажные каналы трубы. Изготавливают цилиндрические фильтрующие элементы трех типов: с расположением мембраны на внутренней поверхности дренажного каркаса, на внешней и с комбинированным расположением мембраны.

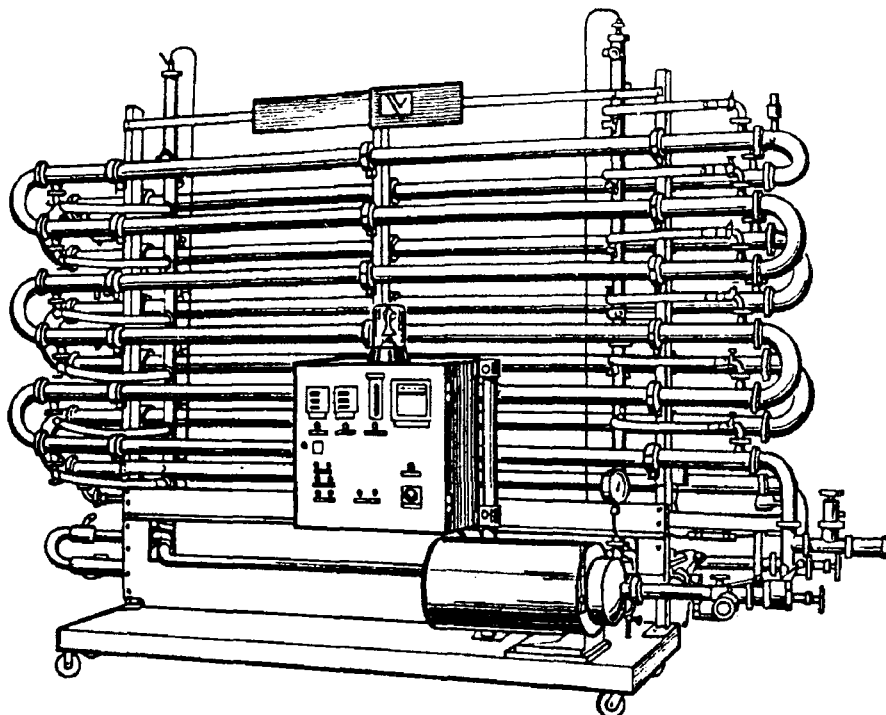


Рис. 11.30. Мембранный аппарат с цилиндрическими фильтрующими элементами

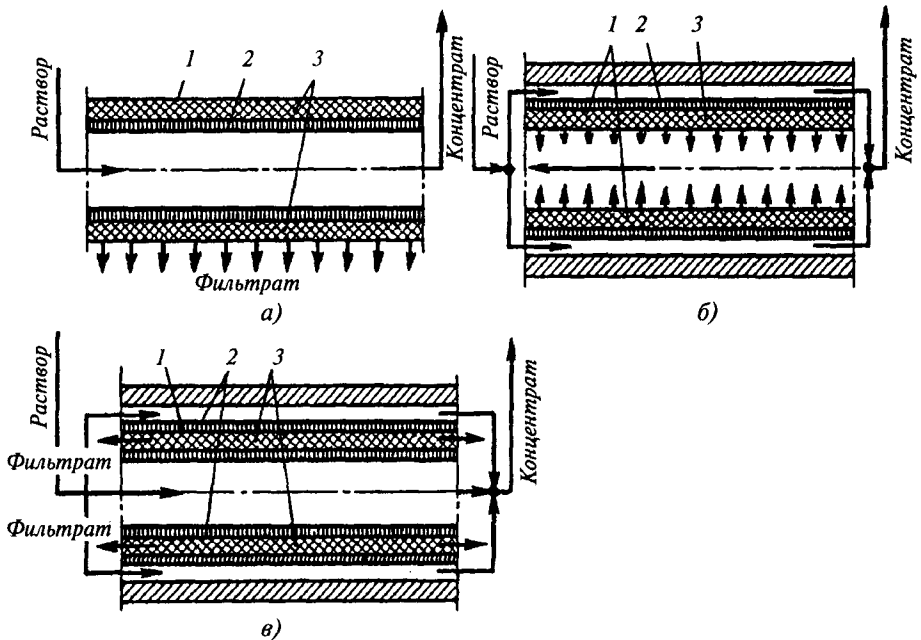


Рис. 11.31. Цилиндрические фильтрующие элементы с различным расположением мембран: а — на внутренней поверхности дренажного каркаса; б — на внешней; в — комбинированно

Аппарат с цилиндрическими фильтрующими элементами имеет следующие преимущества: малую материалоемкость из-за отсутствия напорного корпуса, небольшое гидравлическое сопротивление, возможность механической очистки фильтрующих элементов от осадка без разборки, надежность конструкции.

Недостатки этой конструкции — низкая удельная рабочая площадь поверхности фильтрации мембран, высокие требования к сборке элементов.

Конструкции фильтрующих элементов с наружным расположением мембраны (рис. 11.31, б) имеют большую удельную рабочую площадь поверхности фильтрации. Однако они более металлоемки, а кроме того, механическая очистка фильтрующих элементов практически невозможна.

Цилиндрические фильтрующие элементы с комбинированным расположением мембран (рис. 11.31, в) имеют примерно в два раза большую удельную рабочую площадь поверхности фильтрации, чем описанные. Однако такие конструкции обладают значительно большими гидравлическими сопротивлениями из-за большой длины каналов для отвода фильтрата.

Ультрафильтрационные установки с цилиндрическими фильтрующими элементами широко применяют для осветления фруктовых соков. От сока отделяются все вещества, вызывающие помутнение сока, как, например, протеин, крахмал, пектин, дубильные вещества большой молекулярной массы, частицы целлюлозы и другие вещества. В осветленном соке содержатся все вещества в натуральном составе.

#### Техническая характеристика установки УОВКМ-2,5

Производительность по фильтрату, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	2,5
Выход концентрата, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	2,0
Селективность, % . . . . .	87
Потребляемая мощность, кВт . . . . .	25
Масса, кг. . . . .	1300



**Инженерные расчеты.** При расчете ультрафильтрационных систем определяют производительность мембраны, селективность разделения, коэффициент проницаемости, толщину блокированной белками мембраны.

Производительность мембранных фильтров периодического действия  $\Pi$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$\Pi = 3600qF / (\tau_{\phi} + \tau_{\text{пр}} + \tau_{\text{всп}}),$$

где  $q$  — нагрузка на фильтрующую поверхность,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;  $F$  — площадь фильтрующей поверхности,  $\text{м}^2$ ;  $\tau_{\phi}$  — продолжительность фильтрации, с;  $\tau_{\text{пр}}$  — продолжительность промывки осадка, с;  $\tau_{\text{всп}}$  — продолжительность вспомогательных операций (разгрузки и подготовки фильтра), с.

При выборе насоса, подающего исходный продукт в фильтр, необходимо учитывать сопротивление перегородки.

Сопротивление перегородки  $R$  (Па·с)

$$R = 1,5R_0\mu,$$

где  $R_0$  — коэффициент сопротивления;  $\mu$  — динамическая вязкость фильтрующего продукта, Па·с.

Общая удельная производительность мембраны  $\Pi_v$  ( $\text{м}/\text{с}$ )

$$\Pi_v = K_n \Delta p / (\mu h),$$

где  $K_n$  — коэффициент проницаемости,  $\text{м}^2$ ;  $\mu$  — динамическая вязкость раствора, Па·с;  $\Delta p$  — перепад гидродинамического давления, Па;  $h$  — толщина мембранной системы, м.

Селективность разделения  $\phi$  (%)

$$\phi = (1 - c_2 / c_1) \cdot 100,$$

где  $c_1, c_2$  — концентрация растворенного вещества в исходной смеси и в ультрафильтрате, %.

Коэффициент проницаемости  $K_n$  ( $\text{м}^2$ )

$$K_n = 9,025mt^{0,96}d^2,$$

где  $m$  — пористость мембраны;  $d$  — средний размер задерживаемой белковой частицы, м;  $t$  — продолжительность работы, с.

В процессе ультрафильтрации животных белковых растворов происходит формирование примембранных белковых отложений, прочно связываемых с поверхностью мембраны.

Приращение толщины прочно закрепленного белкового слоя  $\Delta\delta(t)$  ( $\text{м}/\text{с}$ )

$$\Delta\delta(t) = \sqrt{\frac{[c_s / m(1 - m_1)(1 - c_s)][K_{n1}K_{n2}(p_n - p_n) / \mu]t}{K_{n1} - K_{n2}}} + \left(\frac{bK_{n1}}{K_{n2} - K_{n1}}\right)^2 - \frac{bK_{n1}}{K_{n2} - K_{n1}},$$

где  $c_s$  — объемная концентрация белковых частиц в растворе,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $m_1, m$  — пористость исходной мембраны и мембраны, блокированной слоями белка;  $K_{n1}, K_{n2}$  — коэффициенты проницаемости слоя отложений и мембраны,  $\text{м}^2$ ;  $p_n, p_n$  — давления над мембраной и под мембраной, Па;  $t$  — время, с;  $b$  — толщина мембраны, м.

Приращение толщины слабо закрепляющегося на мембране слоя белка  $\Delta\delta_0(t)$  (м)

$$\Delta\delta_0(t) = \frac{1}{K_{n2} - K_{n1}} \left[ \sqrt{K_{m1}^2 b + \frac{2K_{m1}K_{n2}(K_{n2} - K_{m1})c_s(p_n - p_n)}{\mu(1 - m_1)(1 - c_s)}} (t - T) - bK_{n1} \right],$$

где  $T$  — время процесса ультрафильтрации, с.

Толщина заблокированной белками мембраны  $h(t)$  (м)

$$h(t) = b + \Delta\delta(t) + \Delta\delta_0(t).$$

## 11.6. МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛИ И МАСЛООБРАЗОВАТЕЛИ

Маслоизготовители предназначены для получения масла методом сбивания сливок нормальной жирности (30...40 %), а маслообразователи — для получения масла из высокожирных сливок (до 80...82 %).

В маслоизготовителях осуществляются сбивание сливок и обработка масляного зерна для придания ему однородности и соответствующей структуры. Одновременно с созданием структуры регулируется и состав масла (по массовой доле воды в масле). Таким образом, при сбивании сливок масло образуется в результате механического воздействия на сливки нормальной жирности.

В маслообразователе регулирования состава масла не проводится. В него поступают сливки в полном соответствии с составом компонентов в масле. В маслообразователях осуществляется изменение структуры высокожирных сливок. Для этого высокожирные сливки интенсивно охлаждаются в первый период и подвергаются механическому воздействию при одновременном более глубоком охлаждении во второй. Таким образом, масло образуется в результате механического и теплового воздействия на высокожирные сливки.

В настоящее время используются маслоизготовители непрерывного и периодического действия.

**Маслоизготовитель непрерывного действия марки А1-ОЛО-1** (рис. 11.32, а) предназначен для выработки сладко- и кисло-сливочного, соленого, несоленого и любительского масла методом непрерывного сбивания с промывкой и без промывки масляного зерна, с обработкой масла под вакуумом.

В состав маслоизготовителя входят привод 1 текстуратора, привод 2 сбивателя, станина 3, сбиватель 4, шнековый текстуратор 5, бак 6 с винтовым насосом, центробежный насос 7, вакуум-насос 8, щит управления 9, тележка 10, транспортер 11, устройство 12 для дозирования влаги и трубопроводы 13.

Он состоит из последовательно размещенных устройства для сбивания сливок в масляное зерно (сбивателя) и обрабатывающего устройства для превращения масляного зерна в пласт заданной структуры (текстуратора).

Сбиватель 4 изготовляют с цилиндром для сбивания, в котором полностью завершается образование масляного зерна, а также с цилиндром для сбивания и разделительным цилиндром, в котором завершается сбивание и осуществляется отделение масляного зерна от пахты.

В текстураторе 5 обработка вначале масляного зерна, а затем пласта масла заключается в отпрессовывании влаги: удаление избытка, а иногда и вработка недостающего количества воды и ее диспергирование. Текстуратор имеет шнеки с винтами. Как правило, текстураторы состоят из двух камер, в которых шнеки вращаются с одинаковой или различной частотой вращения. При необходимости в текстураторе проводятся промывка масла, посолка и вакуумирование.

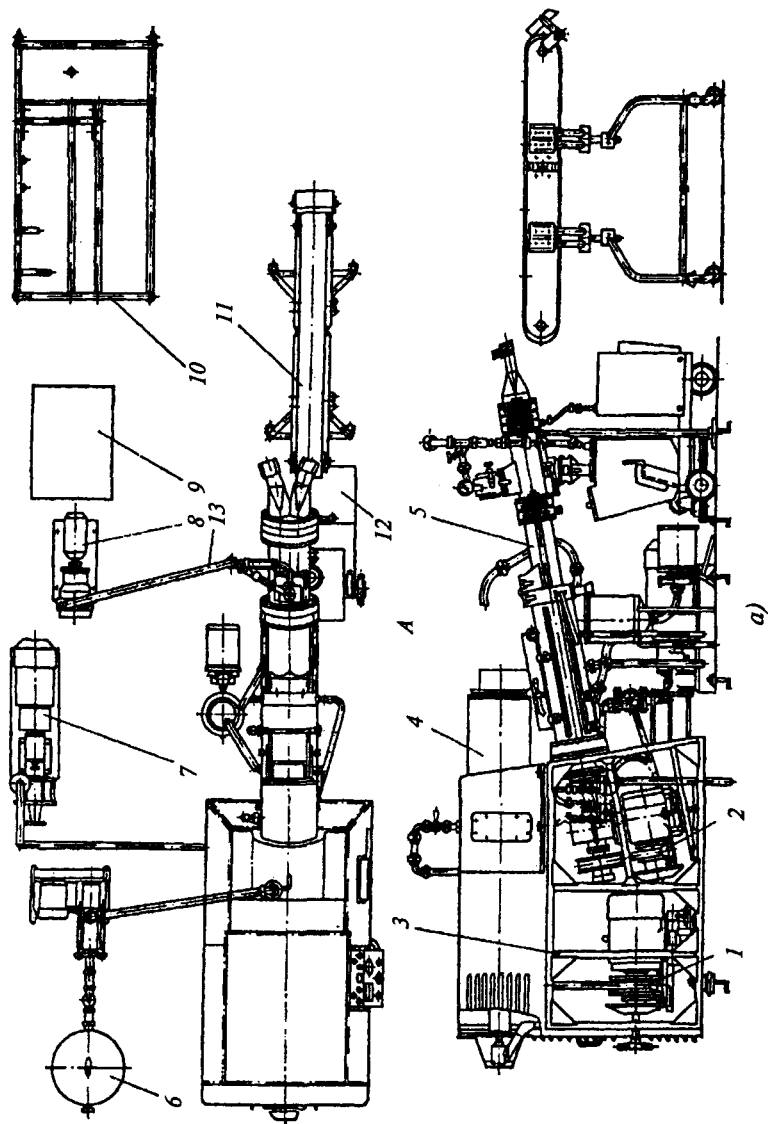


Рис. 11.32. Маслостроитель непрерывного действия А1-ОЛО-1:  
 а — общий вид маслостроителя; б — сбииватель; в — текстуратор

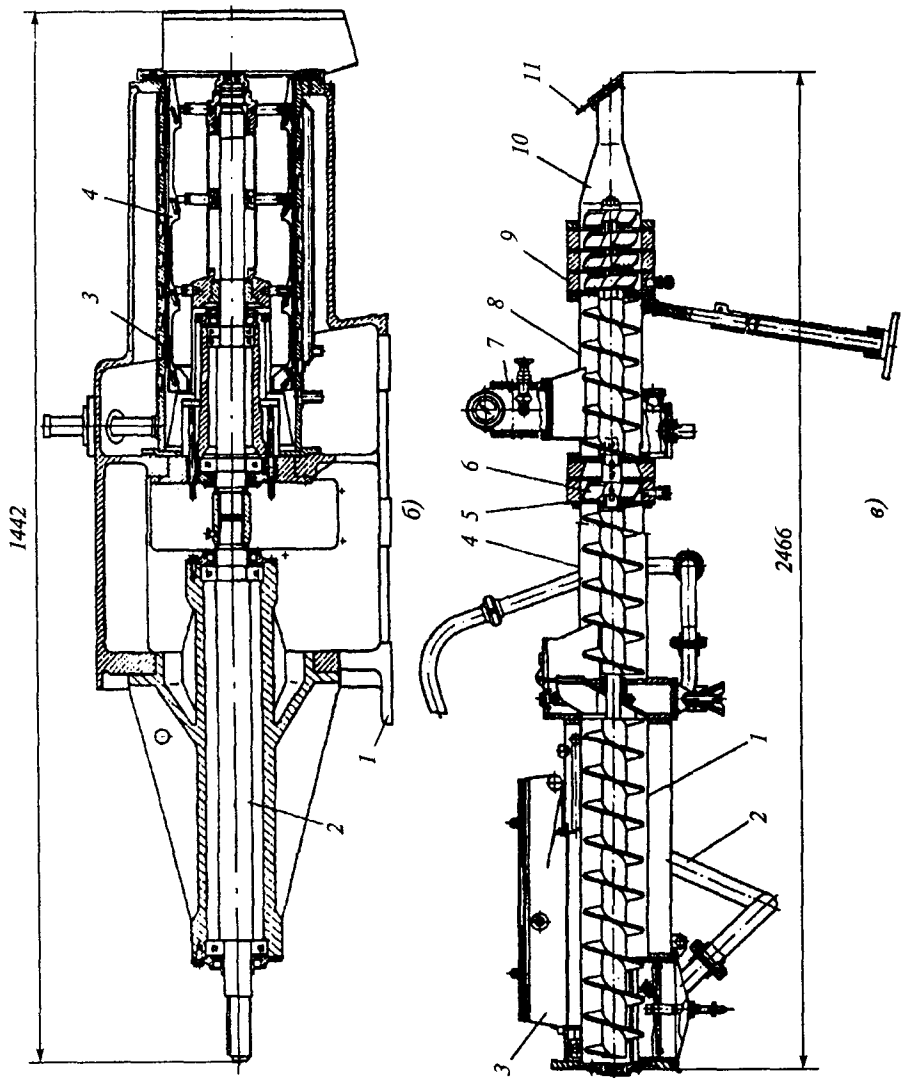


Рис. 11.32. (Продолжение)

Текстураторы независимо от сбивателя (с цилиндром для сбивания либо с цилиндром для сбивания и разделительным цилиндром) бывают с одной шнековой камерой и с двумя камерами, размещенными последовательно или параллельно. Каждая из этих камер может быть одно-, двух- и трехступенчатой.

Сбиватель (рис. 11.32, б) состоит из корпуса 1, цилиндра 3 и лопастной мешалки. В корпусе на двух опорах установлен съемный цилиндр, в который вставляется металлическая сетка. В цилиндре размещен вал 2 со съемными лопастями 4, которые прикреплены к корпусу. На внешней поверхности цилиндра сделаны винтовые канавки для протока охлаждающей воды. Цилиндр сбивателя предназначен для получения масляного зерна без дополнительной его доработки в разделительном цилиндре. Внутри цилиндра сбивателя, который охлаждается через рубашку холодной водой, вращается вал 2. Он приводится в движение от электродвигателя через вариатор скоростей.

Сливки поступают в сбиватель с торца или по касательной к стенке сбивателя. При вводе с торца сливки, разбрызгиваемые вращающимся диском, равномерно кольцом поступают на лопасти мешалки. При вводе по касательной сливки направляются по трубе во вращающийся вместе с мешалкой конус. Равномерно распределяясь по конусу, сливки непрерывно под действием центробежной силы поступают на лопасти мешалки.

В сбивателе процесс сбивания сливок осуществляется в условиях энергичного перемешивания. Скорости движения лопастей и жидкости вполне достаточны для создания кавитационного течения. В результате сбивания образуется масляное зерно, которое после выхода сбитой массы из сбивателя отделяется от пахты.

В верхней части сбивателя расположен патрубок с краном для подачи сливок. Выпуск масляного зерна и пахты осуществляется через патрубок в крышке. На корпусе размещены патрубки для входа и выхода охлаждающей воды.

Текстуратор состоит из первой камеры 1, сифона 2 для удаления влаги, бункера 3, второй камеры 4, решетки 5, ножа 6, вакуум-камеры 7, третьей камеры 8, блока 9, насадки 10 и задвижки 11. В каждой из трех камер 1, 4 и 8 расположены шнеки, вращающиеся навстречу друг другу (рис. 11.32, в).

В первой камере 1 размещены бункер для масляного зерна и пахты с приспособлением для промывки масляного зерна, а также сетка, удерживающая масляное зерно вместе с выпускаемой пахтой. К камере прикреплена воронка с сифоном для удаления пахты и промывочной воды. Для охлаждения пахты и масляного зерна камера снабжена рубашкой для охлаждающей воды.

Вторая камера 4 не имеет рубашки. В верхней части находится устройство для вторичной промывки масляного зерна. Промывочная вода удаляется также через воронку с сифоном.

Между второй и третьей камерой размещены решетка и ножи для механической обработки масляного зерна.

В верхней части третьей камеры 8 размещена вакуум-камера 7 с патрубком для присоединения к вакуумному насосу и клапаном для регулирования глубины вакуума. К концевому фланцу третьей камеры прикреплены блок 9 и два блока, в которых установлены ножи.

На выходе из текстуратора расположена насадка 10 с двумя выводами, снабженными задвижками. Свободный конец текстуратора опирается на съемную подставку.

После удаления пахты масляное зерно промывается в камере 4, которая отделена от камеры отпрессовки перегородкой. Последняя проходит поперек шнека. Масло сначала продавливается через узкую щель в верхней части корпуса, а затем промывается водой, которая подается через форсунки, расположенные в верхней части кор-

пуса, или через душ. В случае необходимости интенсивной промывки вода подается в камеру 4 сразу через оба устройства, монтируемые в верхней части корпуса шнеков. Если по технологическому процессу промывка масла не требуется, устройства можно снять. Вода для промывки удаляется из маслоизготовителя через отстойник.

За камерой промывки расположена камера обработки масла под вакуумом. Обработанное под вакуумом масло содержит значительно меньше воздуха и более стойко в хранении.

Узлы и приборы, а также насос для воды, вакуумный насос и насос-дозатор размещены внутри станины. Насос для сливок монтируется отдельно от маслоизготовителя. Амперметр, счетчик оборотов мешалки и шнеков, вакуумметр водяной, манометр, термометр и другие приборы выносятся на пульт управления.

Привод сбивателя осуществляется от электродвигателя через широкие клиновые ремни. Он позволяет плавно изменять скорость вращения мешалки в сбивающем устройстве через вариатор. Привод текстуратора также имеет вариатор, при этом передача движения к шнеку осуществляется через цилиндрический редуктор.

Сливки из емкости через уравнильный бак насосом-дозатором подаются в цилиндр для сбивания. Перед входом в цилиндр они попадают на распределительный конус с направляющими. Поток сливок стекает к лопастям мешалки тангенциально. Сливки постепенно приобретают скорость вращения, равную скорости вращения лопастей мешалки, что предотвращает дробление жировых шариков и интенсифицирует сбивание.

Масляное зерно с пахтой поступает в бункер первой камеры текстуратора для промывки при одновременной обработке сбитой шнеками массы. Пахта вместе с промывочной водой удаляется через сифон в бак для пахты.

Отделение от пахты масляного зерна, а также образование пласта масла происходят в первой камере. Во второй камере завершается промывка и осуществляется дальнейшая обработка пласта масла. При этом промывочная вода удаляется через сифон. В третьей камере масло подвергается вакуумированию в целях удаления из него воздуха. Обработка завершается продавливанием пласта масла через решетки, между которыми установлены ножи для его разрезания.

При необходимости добавления влаги включают дозировочный аппарат. Готовое масло выходит через одно из отверстий насадки текстуратора. Ледяная вода подается в наружный цилиндр сбивателя, рубашку текстуратора и вал сбивателя центробежным насосом высокого давления.

### Техническая характеристика маслоизготовителя марки А1-ОЛО-1

Производительность, кг/ч . . . . .	1000
Температура, °С:	
сбивания сливок . . . . .	9...14
масла на выходе . . . . .	12...15
Содержание жира в пахте, % . . . . .	0,7
Содержание воздуха в масле, % . . . . .	до 3,5
Вакуум в камере обработки, МПа . . . . .	0,066
Расход воды для промывки масла, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	1,5
Расход воды для охлаждения, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	3,5

Частота вращения, с <sup>-1</sup> :	
сбивателя . . . . .	9,20...41,6
шнеков текстуратора . . . . .	0,33...1,00
Установленная мощность, кВт . . . . .	31,2
Габаритные размеры, мм . . . . .	4090×870×1800
Масса, кг . . . . .	2468

**Маслообразователи.** Наибольшее распространение получили маслообразователи цилиндрические (обычно трехцилиндровые) и пластинчатые. Применяются также вакуум-маслообразователи.

**Трехцилиндровый маслообразователь Т1-ОМ-2Т** (рис. 11.33) предназначен для переработки высокожирных сливок в сливочное масло.

Он состоит из станины 22, унифицированных цилиндров одинаковой конструкции. Каждый из цилиндров включает фланцы передний 7 и задний 13, обшивку 9, обечайки наружную 10 и внутреннюю 12, вытеснительный барабан, крышку 5, втулку направляющую 3, кран воздушный 4, кронштейн 1, кольцо уплотнительное 6 и 14, подшипники 16, 17, шестерни 18, 19, редуктор и рубашку для охлаждения продукта водой.

В рубашке проложена и закреплена спираль 11. Задней стенкой цилиндра является торцевой диск редуктора 15, а передней — крышка 5.

Вытеснительный барабан 8 изготовлен из нержавеющей стали с ребрами жесткости. На нем размещены два ножа 21, оснащенных пластинками из пластмассы. Ножи свободно поворачиваются над плоскостями вытеснительного барабана. При вращении барабана ножи под действием центробежной силы отбрасываются и прижимаются лезвием к внутренней поверхности цилиндра.

Для удаления воздуха и контроля за наполнением цилиндра сливками в верхней части крышек расположены воздушные краны, которые открываются при пуске маслообразователя. В нижней части крышки верхнего цилиндра размещен кран 2 для выпуска продукта. На выходе продукта установлены выпускной кран 2 и термометр сопротивления для контроля за температурой выходящего масла.

От электродвигателя 20 маслообразователь приводится в движение через редуктор 15.

Высокожирные сливки с температурой 80...90 °С подаются в нижний барабан маслообразователя, а рассол и ледяная вода — в охлаждающую рубашку. При работе слой сливок срезается ножами и перемешивается. Температура масла на выходе обычно не превышает 10...12 °С. Масло, перемещаясь к выпускному патрубку, выходит из него. Продолжительность нахождения продукта в маслообразователе 3...6 мин.

В нижнем цилиндре высокожирные сливки, охлаждаясь до температуры кристаллизации глицеридов (22...23 °С), сохраняют свойства эмульсии. Температура рассола в нижнем цилиндре -1...-3 °С, в среднем -3...-5 °С. В среднем цилиндре начинается процесс структурообразования: жир из жидкого состояния переходит в вязкопластичное и отвердевает в течение 5...20 с. Продукт в среднем цилиндре охлаждается до 11...13 °С. В верхнем цилиндре вследствие механического воздействия в течение 150...250 с продукт приобретает мелкокристаллическую структуру и пластическую консистенцию. Температура продукта в верхнем цилиндре вследствие охлаждения водой при температуре 7...9 °С даже повышается на 1...2 °С. Выделение тепла при механическом воздействии превышает отвод через стенку цилиндра к охлаждающей воде.

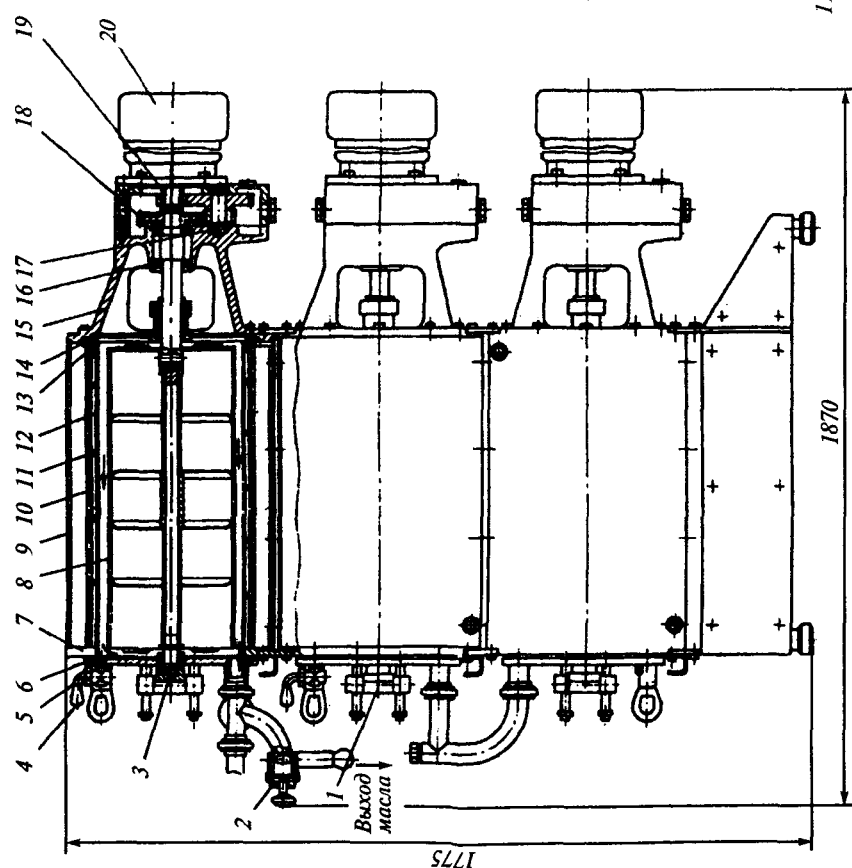
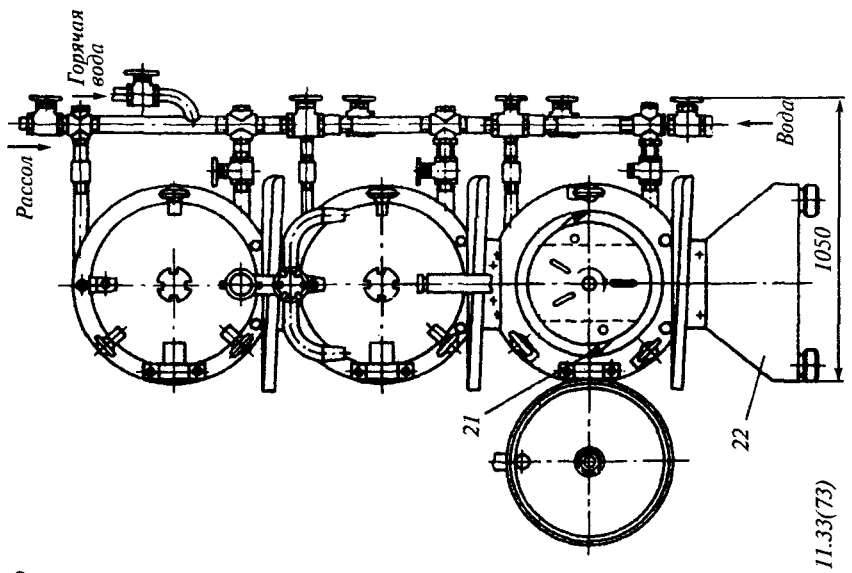


Рис. 11.33. Трехцилиндровый маслообразователь Т1-ОМ-2Т



Оптимальным углом установки ножей является угол 35, а кольцевой зазор при производительности 450, 650 и 850 кг/ч соответственно 15, 22 и 29 мм.

### Техническая характеристика маслообразователя марки Т1-ОМ-2Т

Производительность, кг/ч . . . . .	700
Количество цилиндров, шт. . . . .	3
Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup> . . . . .	2,1
Диаметр цилиндра, мм . . . . .	315
Частота вращения вытеснительного барабана, с <sup>-1</sup> . . . . .	2,5
Установленная мощность, кВт . . . . .	6,6
Габаритные размеры, мм . . . . .	1870×1050×1775
Масса, кг . . . . .	800

**Пластинчатый маслообразователь РЗ-ОУА** (рис. 11.34) предназначен для переработки высокожирных сливок в сливочное масло.

Он состоит из станины 16 с опорами 21, охладителя 13, маслообработника 12 и системы трубопроводов.

Электродвигатель 20 с помощью клиновых ремней 3 и 9, редуктора 4 и шкивов 2, 5, 6, 7, 10, 17 приводит во вращение вал охладителя 13 и вал маслообработника 12. Натяжение клиноременной передачи осуществляется винтом 1 и натяжным роликом 8. Привод вала 15 маслообработника осуществляется двухступенчатой клиноременной передачей от того же электродвигателя. Ведомый шкив 17 первой ступени клиноременной передачи является сменным. При замене его другим, входящим в комплект маслообразователя, меняется скорость вращения вала охладителя и вала маслообработника. На конце приводного вала 19 редуктора имеется паз для рукоятки, при помощи которой производится холостое вращение маслообразователя.

Подача высокожирных сливок в маслообработник 12 осуществляется через трубопровод 11 и трехходовой кран 14.

Охладитель 13 представляет собой сжатый пакет пластин в комплекте с ножами, надетыми на приводной вал редуктора. Уплотнение пластин между собой осуществляется резиновыми кольцами, сжатие пакета пластин — с помощью нажимной плиты 18 специальными гайками.

Хладоноситель по каналам, образованным втулками продуктовых пластин, поступает во внутреннюю полость охлаждающих пластин, омывает торцовые стенки этих пластин изнутри и через такие же каналы выводится из них.

В первой части охладителя продукт поступает в полость, образуемую продуктовой пластиной, через центральное отверстие охлаждающей пластины, откуда по щели, образуемой охлаждающей пластиной и вращающимся диском, к периферии диска. Затем продукт огибает диск и движется в зазоре между диском и стенкой следующей охлаждающей пластины от периферии диска к центру, после чего направляется в следующую секцию через центральное отверстие охлаждающей пластины.

Во второй части охладителя в зоне температур, где интенсивно повышается вязкость продукта, с целью уменьшения гидравлического сопротивления предусмотрено движение продукта в зазоре между каждой парой охлаждающих пластин в одном направлении: либо от центра к периферии, либо от периферии к центру. Для этого установлены специальные охлаждающие пластины со сквозными отверстиями для прохода продукта, расположенными по окружности в зоне, прилегающей к продуктовой пластине. Зазоры по центральной части между этими пластинами и вращающимся валом уплотнены с помощью специальных втулок, которые прижимаются к пластине гидравлическим давлением.

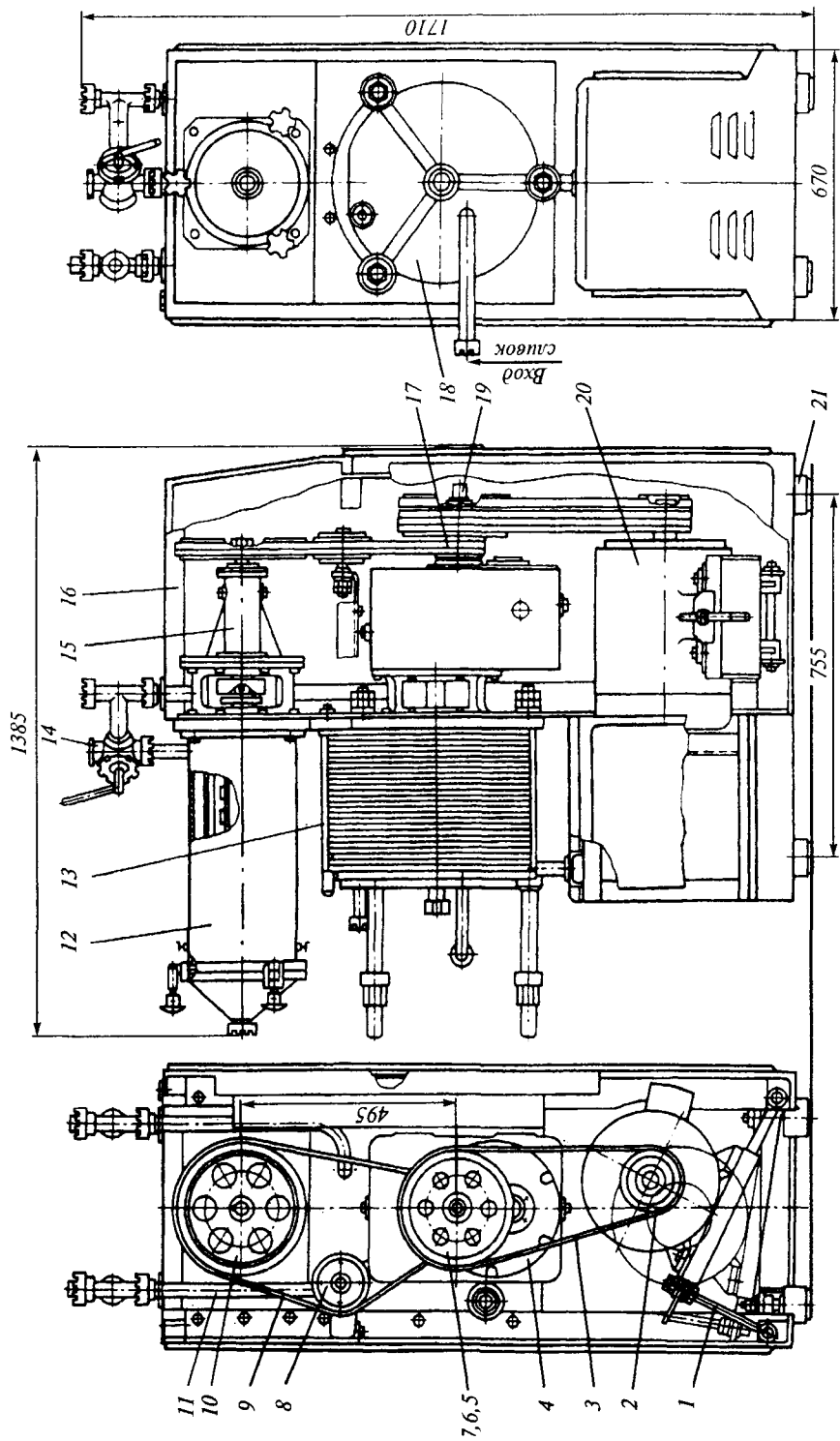


Рис. 11.34. Пластинчатый маслообразователь РЗ-ОУА

В этой части охладителя вместо дисков на валу установлены лопастные турбулизаторы (крестовины) со скребковыми ножами. Ножи, непрерывно вращаясь, перемешивают продукт и счищают его с торцовых поверхностей охлаждающих пластин, чем интенсифицируют процесс теплообмена.

Маслообработчик (рис. 11.35) представляет собой цилиндр 2, внутри которого неподвижно закреплен отражатель 4 с текстурационной решеткой, а на валу закреплена трехлопастная мешалка 3. В состав маслообработчика входят также конус 1, подшипник 5, кольца 6 и 7, манжета 8, полумуфты 9 и 10, крышка 11, вал 12, кольцо 13, уплотнение 14, пружина 15, кран 16 и кольцо 17. Под воздействием мешалки происходит механическая обработка продукта с целью придания ему оптимальных структурно-механических свойств. В верхней части маслообработчика установлен кран для спуска воздуха, а в нижней — кран 16 для спуска жидкости после мойки маслообразователя.

Пульт управления обеспечивает управление электрооборудованием установки, контроль температуры в трех точках, блокировку от перегрузки электродвигателей и от короткого замыкания, звуковую сигнализацию о перегрузке электродвигателя маслообразователя и контроль потребляемого тока.

Блок манометра, пневмодатчик и регулирующий клапан образуют комплекс устройств, которые позволяют регулировать и автоматически поддерживать температурный режим маслообразователя. Этот комплекс приборов не нуждается в электропитании и построен на применении энергии сжатого воздуха.

Блок манометра устанавливается на кронштейне, который болтами закрепляется в верхней части маслообразователя. Присоединение блока манометра к установке осуществляется через пневмодатчик, который монтируется на тройник на входе продукта в маслообразователь. Пневмодатчиком служит вертикально установленная нержавеющая труба длиной 512 мм. В верхней части труба имеет штуцер для присоединения манометра. При работе в автоматическом режиме к штуцеру присоединяется регулирующий манометр, при работе в ручном режиме — обычный показывающий манометр. Воздушная подушка, образуемая в пневмодатчике, передает давление продукта на манометр и одновременно служит для защиты манометрической трубки от попадания в нее продукта.

К штуцеру «Питание» регулируемого манометра через фильтр-влагодетель и редуктор давления подводится сжатый воздух от центральной сети или отдельного компрессора.

Для стабилизации основного показателя ведения процесса охлаждения температуры продукта использована зависимость его вязкости от температуры. При увеличении температуры продукта вязкость его понижается, уменьшается давление на входе в аппарат. Уменьшение давления продукта на входе в маслообразователь через пневмодатчик воспринимается изодромным регулятором манометра и приводит к уменьшению давления воздуха. В результате этого увеличиваются проходное сечение регулятора и подача хладоносителя, температура продукта при этом понижается. При увеличении давления на входе (переохлаждение продукта) действие регулятора противоположное.

Высокожирные сливки винтовым насосом подаются в охладитель маслообразователя, где со скоростью около 313 К (40 °С) в минуту охлаждаются от 348 до 284...287 К (от 75 до 11...14 °С). Затем по щели между охлаждающей пластиной и диском-турбулизатором высокожирные сливки направляются к центру. Через центральное отверстие сливки переходят в камеру следующей продуктовой пластины, в которой перемещаются по щели от центра к периферии. В следующей камере они движутся сначала от периферии к центру, а затем от центра к периферии.

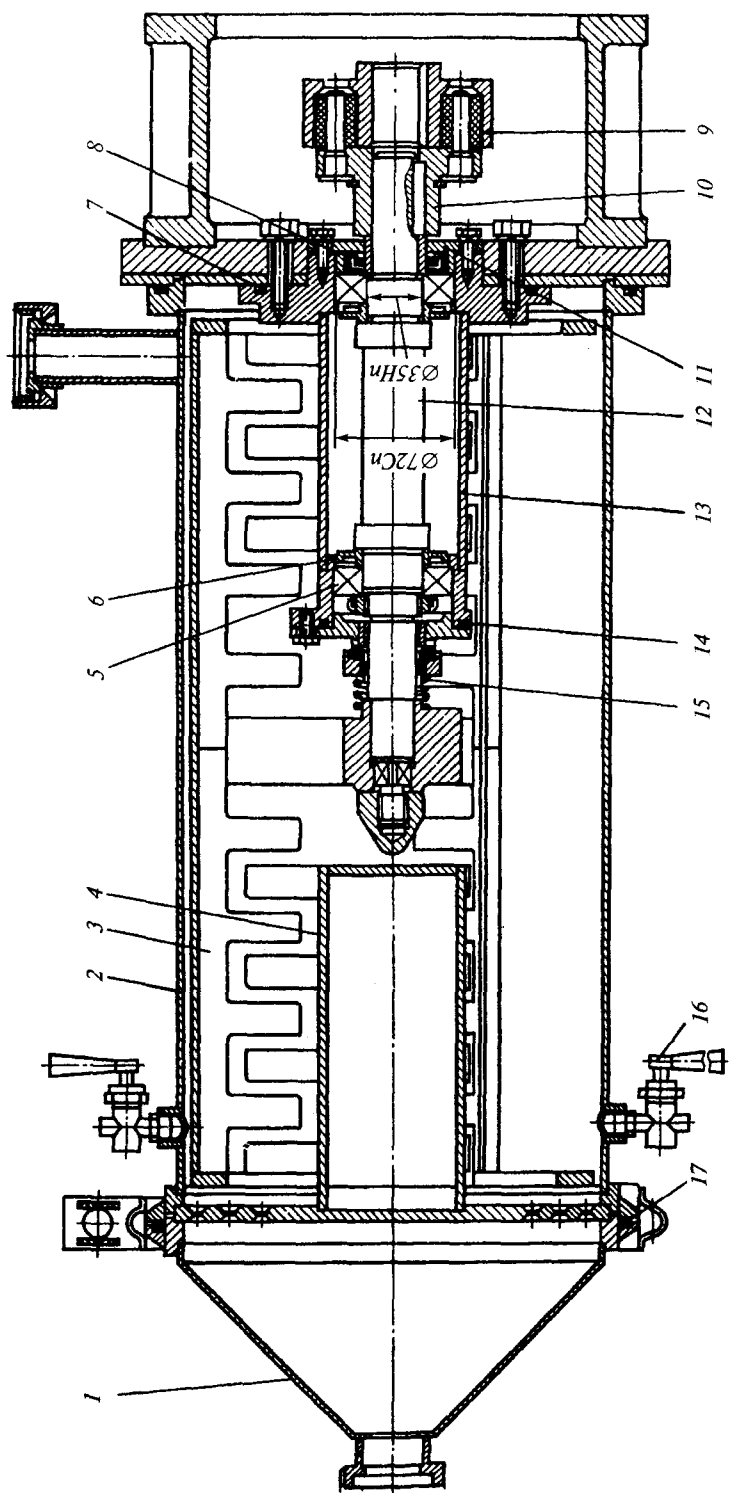


Рис. 11.35. Маслообработчик маслообразователя РЗ-ОУА

Вторая стадия процесса проходит в маслообработнике маслообразователя, где продукт подвергается интенсивной механической обработке. В маслообработнике температура продукта повышается до 15...18 °С за счет механической обработки и выделения скрытой теплоты кристаллизации. Интенсивность механической обработки на второй стадии процесса является главным фактором получения масла с оптимальными структурно-механическими свойствами. При продавливании продукта через решетку разрушаются грубые кристаллизационные структуры и под воздействием крыльчатки продукт выходит через патрубок.

### Техническая характеристика пластинчатого маслообразователя РЗ-ОУА

Производительность при выработке масла, кг/ч:	
сладко-сливочного . . . . .	1000
крестьянского. . . . .	800
Вместимость, дм <sup>3</sup> :	
охладителя . . . . .	22
маслообработника . . . . .	28
Частота вращения, с <sup>-1</sup> :	
вала охладителя . . . . .	1,17; 33; 1,67
мешалки маслообработника . . . . .	4,65; 5,35; 6,70
Потребление электроэнергии, кВт·ч	8,6
Расход холода, кВт. . . . .	42
Давление сжатого воздуха, МПа . . . . .	0,2...0,6
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	1
Габаритные размеры, мм . . . . .	2200×1700×1800
Масса, кг. . . . .	1200

**Инженерные расчеты.** В маслоизготовителях непрерывного действия должно быть достигнуто соответствие между производительностью сбивателя и текстуратора, т. е.  $\Pi_{сб} = \Pi_m$ .

Производительность сбивателя  $\Pi_{сб}$  (кг/ч)

$$\Pi_{сб} = 2R_c k l \sigma^2 / \lambda,$$

где  $R_c$  — радиус цилиндра, м;  $k = 1,005$  — коэффициент;  $l$  — длина цилиндра, м;  $\sigma$  — зазор между внутренней стенкой цилиндра и краем лопасти мешалки, м;  $\lambda$  — шаг лопаток, м.

Производительность текстуратора  $\Pi_m$  (кг/ч) можно приближенно рассчитывать по формуле

$$\Pi_m = 0,25m(R_2^2 - R_1^2)(s - [(b_2 + b_1) / 2 \cos \alpha])nk,$$

где  $m$  — число захода шнека;  $R_1, R_2$  — наружный и внутренний радиусы шнека, м;  $b_1, b_2$  — ширина винтовой лопасти в ее нормальном сечении по наружному и внутреннему радиусам шнека, м;  $s$  — шаг витков винтовой лопасти шнека, м;  $\alpha$  — угол подъема винтовой линии лопасти по среднему диаметру шнека, угловые градусы;  $k$  — коэффициент ( $k = 0,5...0,6$ );  $n$  — частота вращения шнека, с<sup>-1</sup>.

Мощность, потребляемую мешалкой в сбивателе,  $N_{сб}$  (кВт) рассчитывают по формуле

$$N_{сб} = (2,5 \cdot 10^{-5} \rho v_n^3 / \eta_m) F,$$

где  $\rho$  — плотность сливок,  $\text{кг/м}^3$ ;  $v_n$  — окружная скорость вращения лопастей,  $\text{м/с}$ ;  $\eta_m$  — механический КПД ( $\eta_m = 0,7 \dots 0,8$ );  $F$  — рабочая поверхность цилиндра,  $\text{м}^2$ .

Потребляемую шнеком мощность  $N_m$  (Вт) находят по формуле

$$N_m = 7,7 v d^2 n_0 p,$$

где  $v$  — скорость продавливания продукта через отверстия,  $\text{м/с}$ ;  $d$  — диаметр отверстий перфорированных вставок,  $\text{м}$ ;  $n_0$  — количество отверстий в перфорированных вставках, шт.;  $p$  — потери давления (можно принять  $p = (1,5 \dots 2,0) \cdot 10^2$  кПа).

Ориентировочно мощность, потребляемую маслоизготовителем периодического действия,  $N$  (кВт) определяют по формуле

$$N = 2 \pi n g H / 60,$$

где  $n$  — частота вращения рабочей емкости,  $\text{с}^{-1}$ ;  $g$  — ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $H$  — высота подъема жидкости в маслоизготовителе,  $\text{м}$ .

## 11.7. ПРЕССЫ

**Пресс ВПНД-10** (рис. 11.36) предназначен для отжима сока из ягод винограда. Основой пресса является сварная рама 1 из фасонного проката. На раме смонтированы перфорированный цилиндр 5 с бандажами 6, приемный литой бункер 4, специальный зубчатый редуктор 3, приводной электродвигатель 2, запорный корпус 8, упорный кронштейн 9 и гидрорегулятор 10. Внутри перфорированного цилиндра расположены шнеки: транспортирующий 15 и прессующий 12.

Прессующий шнек имеет переменные диаметр и шаг. К выходу в прессующую камеру диаметр основания шнека увеличивается, а шаг уменьшается. При этом объем прессуемой массы уменьшается, а давление увеличивается, чем и достигается необходимая степень сжатия мезги в прессе. Внутри шнеков проходит основная вал 18, которым прессующий шнек приводится во вращение в противоположную вращению транспортирующего шнека сторону с другой частотой. Транспортирующий шнек приводится во вращение от ступицы зубчатого колеса редуктора. С наружной верх-

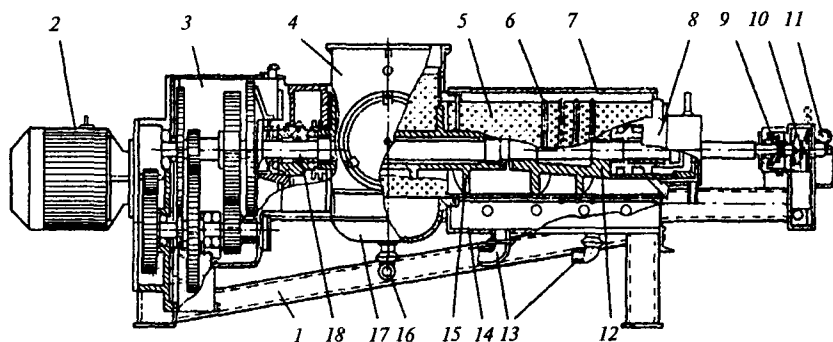


Рис. 11.36. Шнековый пресс ВПНД-10

ней стороны перфорированный цилиндр закрыт кожухом 7, в нижней части цилиндра имеется сборник 14 с двумя отводами 13 отпрессованного сока. Приемный бункер оснащен сборником 17 с отводом 16.

Для контроля давления в гидросистеме предназначен манометр 11. Мезга (дробленые и целые ягоды без гребней) загружается в бункер пресса, где от нее отделяется часть сока самотеком, затем мезга захватывается витками транспортирующего шнека и продвигается в цилиндр к прессующему шнеку. На стыке шнеков мезга разрыхляется, чем облегчается дальнейшее извлечение сока. Полость стыка шнеков оказывает сопротивление обратному движению мезги в приемный бункер и создает условия для нормальной работы прессующего шнека. Прессующим шнеком частично обезвоженная мезга сжимается и подается в камеру давления, где подвергается максимальному сжатию. Отжатая обезвоженная мезга далее поступает в кольцевой канал между перфорированным цилиндром и запорным конусом 8 и удаляется из пресса. Отжатый сок собирается в сборнике 14. Степень отжатия мезги в прессе зависит от величины кольцевого зазора, которая регулируется гидравлическим запорным устройством.

**Пресс ВПО-20А** (рис. 11.37) предназначен для отжима сока из ягод винограда. Основой пресса является сваренная из фасонного проката рама 1. На раме смонтирована основная корпусная деталь 13. Сверху к корпусной детали крепится бункер 14 для приема массы, а снизу — сборник 2 для сока (сусла) первой фракции. К фланцу основной корпусной детали крепится основной перфорированный барабан 19 с бандажными кольцами жесткости 18. Внутри барабана, по его оси, расположены два шнека — транспортирующий 3 и прессующий 16. Шнеки посажены на валу 26, причем прессующий шнек соединен с валом жестко и крутящий момент передается ему шпонками 17, транспортирующий шнек посажен на валу свободно. Вал получает вращение от электродвигателя 8 через клиноременную передачу 10, стандартный зубчатый редуктор 7 и зубчатую пару 5. Транспортирующий шнек получает вращение от того же привода через цепную передачу 12 с натяжной звездочкой 4. Основной вал установлен в подшипниках 6 и 11, корпуса которых прикреплены к раме. В конце основного перфорированного барабана расположен запорный конус 20, которым регулируются площадь кольцевого отверстия для выхода отпрессованной массы и, следовательно, влажность выжимок. Передвижение конуса вдоль оси

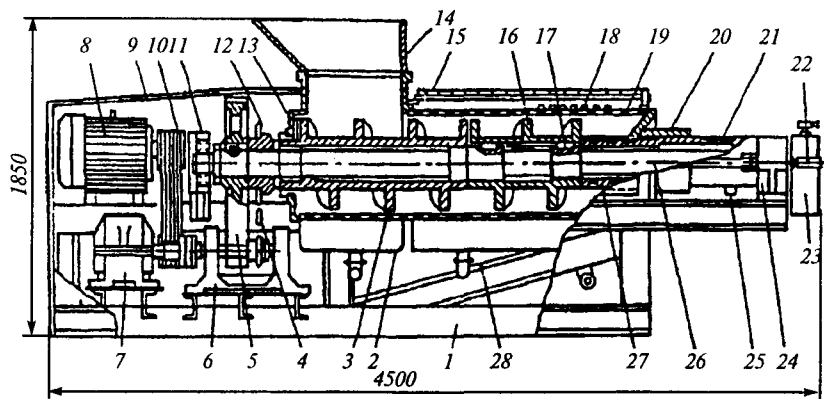


Рис. 11.37. Шнековый пресс ВПО-20А

обеспечивается гидроприводом, состоящим из насоса 23 и двух цилиндров 22. Маслонасос смонтирован на кронштейне 24, прикрепленном к раме. Между последним витком прессующего шнека и запорным конусом образуется камера максимального давления. Внутри этой камеры размещен малый перфорированный барабан 27 с крышкой 21 для санитарной обработки и штуцером 25 для отвода сусла.

Под основным перфорированным барабаном расположен сборник 28 для сбора сусла второй и третьей фракций.

Привод пресса закрыт кожухом 9, а основной перфорированный барабан — двусторчатым кожухом 15.

Основной вал с прессующим шнеком вращается с частотой 3,5 об/мин, а транспортирующий шнек — с частотой 7,5 об/мин в противоположную сторону, чем обеспечиваются перемещение прессуемой массы и высокий выход сока.

При работе пресса отделенные от гребней виноградные ягоды, частично разрушенные в дробилках-гребнеотделителях, поступают в бункер пресса. Здесь масса (мезга) захватывается транспортирующим шнеком и подается к прессующему шнеку. На участке транспортирующего шнека происходит частичное отделение сока (сусла) от мезги, который собирается и является наиболее качественным, так как содержит минимальное количество взвешенных частиц.

### Техническая характеристика прессов

	ВПНД-10	ВПО-20А
Производительность (по винограду), т/ч . . . . .	10	20
Мощность привода, кВт . . . . .	10	13
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup> :		
транспортирующего . . . . .	2,7	7,5
прессующего . . . . .	2,7	3,5
Габаритные размеры, мм:		
длина . . . . .	3957	4500
ширина . . . . .	920	1180
высота . . . . .	1330	1850
Масса, кг . . . . .	2500	3900

**Наклонный шнековый пресс ПСЖН-68** (рис. 11.38) производительностью 1200 т жома в сутки предназначен для отжатия жома до 12...14 % сухих веществ.

В состав пресса входят: сепаратор 1, шнек 2, корпус 3, регулирующее устройство 4, привод 5, штуцера 6 и 9, дополнительная поверхность 8 фильтрации.

Принцип действия пресса заключается в следующем. Свежий жом поступает в сепаратор, где от него отделяется часть воды, которая через штуцер 9 отводится из сепаратора. Сепаратор снабжен смотровым стеклом и люком. Далее жом поступает в камеру пресса, где от него отжимается основное количество воды. Часть воды отделяется через цилиндрическое сито и уходит через штуцер 6; другая часть через сито, установленное на корпусе шнека 2, направляется в полую часть вала и через отверстия 7 и штуцер 6 также удаляется из пресса. Отжатие воды осуществляется за счет уменьшающегося объема камер шнека в направлении перемещения жома.



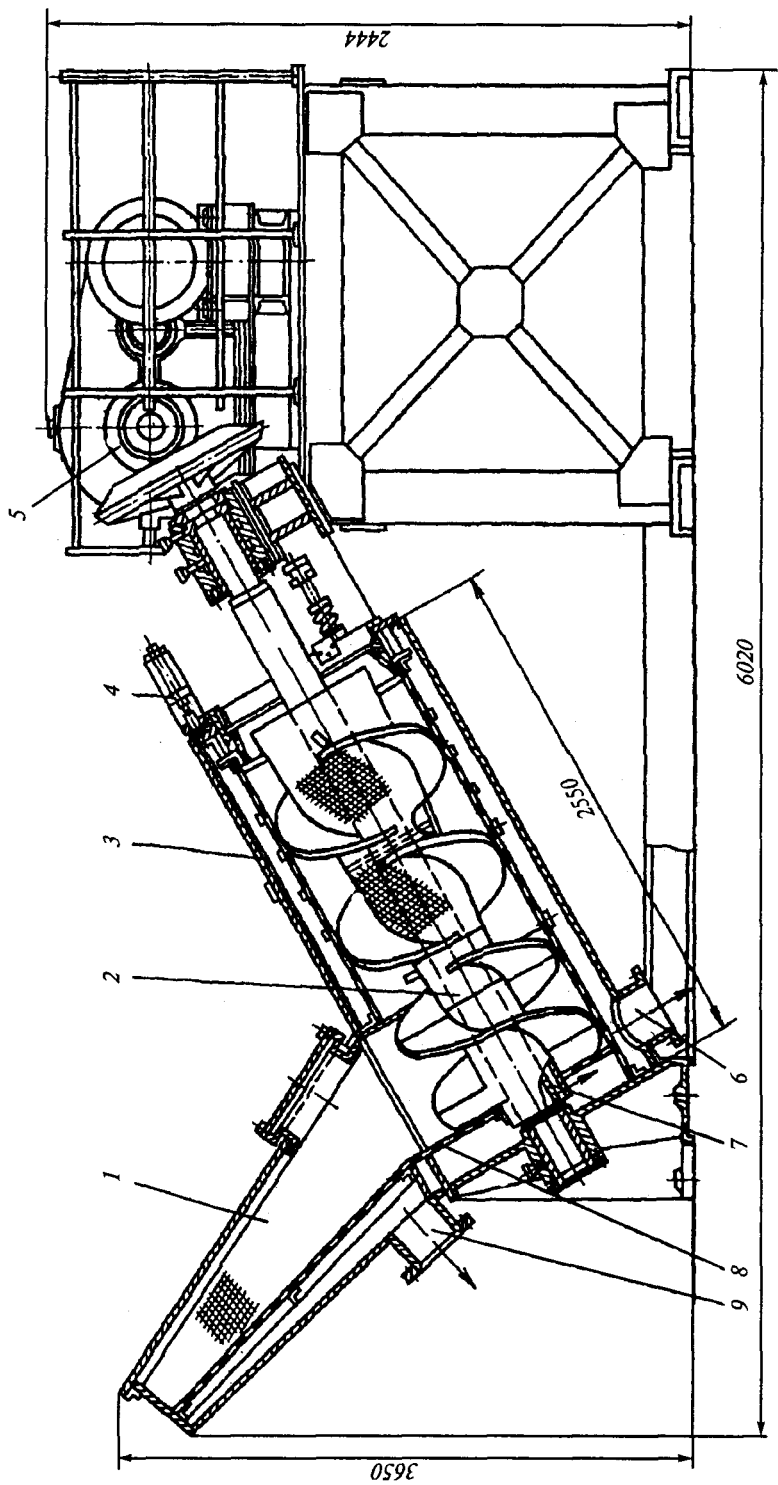


Рис. 11.38. Наклонный шнековый пресс ПСЖН-68

Время нахождения жома в прессе и степень отжатия воды регулируются специальным устройством (рис. 11.39, а). Оно состоит из корпуса 1 пресса, сита 2, конуса 3, стержня 4, пружины 5, кронштейна 6, гайки 7, фланца 8 конуса и корпуса 9 отжимного шнека. Степень отжатия жома зависит от перемещения конуса 3 с ситом 2 вправо или влево, при этом зазор 6 для выхода жома увеличивается или уменьшается. Давление на сито конуса воспринимается пружинами 5, затяжкой которых и регулируется степень отжатия.

На рис. 11.39, б представлена конструкция отжимного шнека пресса, который включает в себя цапфы 1 и 11, стенки 2 и 9, распорки 3 и 7, витки 4 и 6 шнека, сито 5, полый конус 8, полый вал 10 и винты 14. Вода из полого корпуса шнека удаляется через отверстия 12, 13, расположенные в распорках 3 и 7.

**Техническая характеристика прессов для предварительного отжатия жома**

Показатель	Горизонтальный системы Гипросахара с односторонним отжатием	Горизонтальный ПСЖ-57 с двусторонним отжатием	Горизонтальный ПСЖ-59 с двусторонним отжатием	Наклонный ПСЖН-68 с двусторонним отжатием
Производительность, т/сут . . .	800...900	800	2000	> 1200
Длина сита, мм . . . . .	1680	1416	1600	1416
Частота вращения шнека, об/мин . . .	16,7	16,8	18,4	13
Содержание сухих веществ в отжатом жоме, % . . . . .	7,5...8,5	9...10	10...12	12...14
Диаметр цилиндрического сита, мм	700	900	1200	900
Мощность привода, кВт . . . . .	16	28	35...40	17...20

На сахарных заводах нашей страны кроме описанного пресса нашли широкое распространение жомовые прессы с односторонним отжатием системы Гипросахара, ПСЖ-57 и ПСЖ-59.

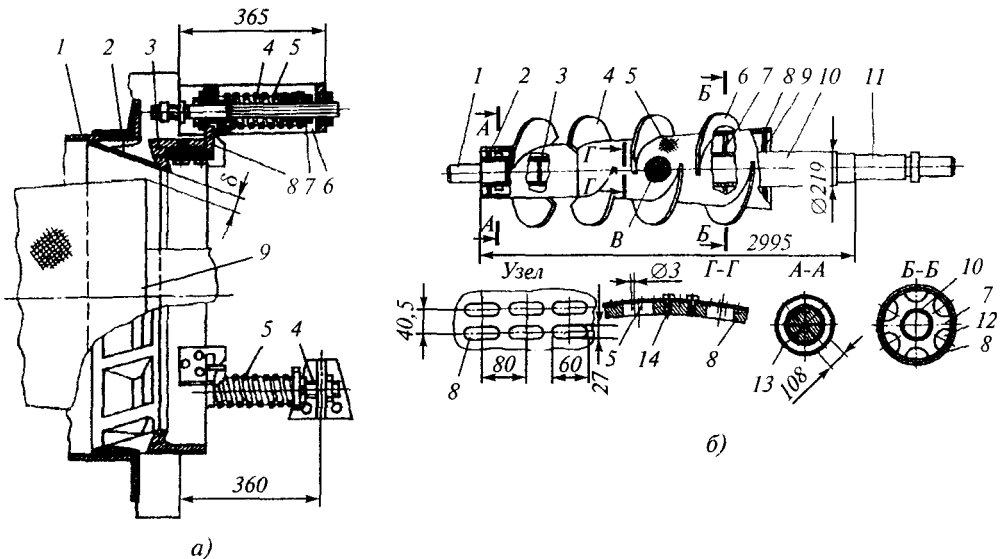


Рис. 11.39. Узлы пресса ПСЖН-68

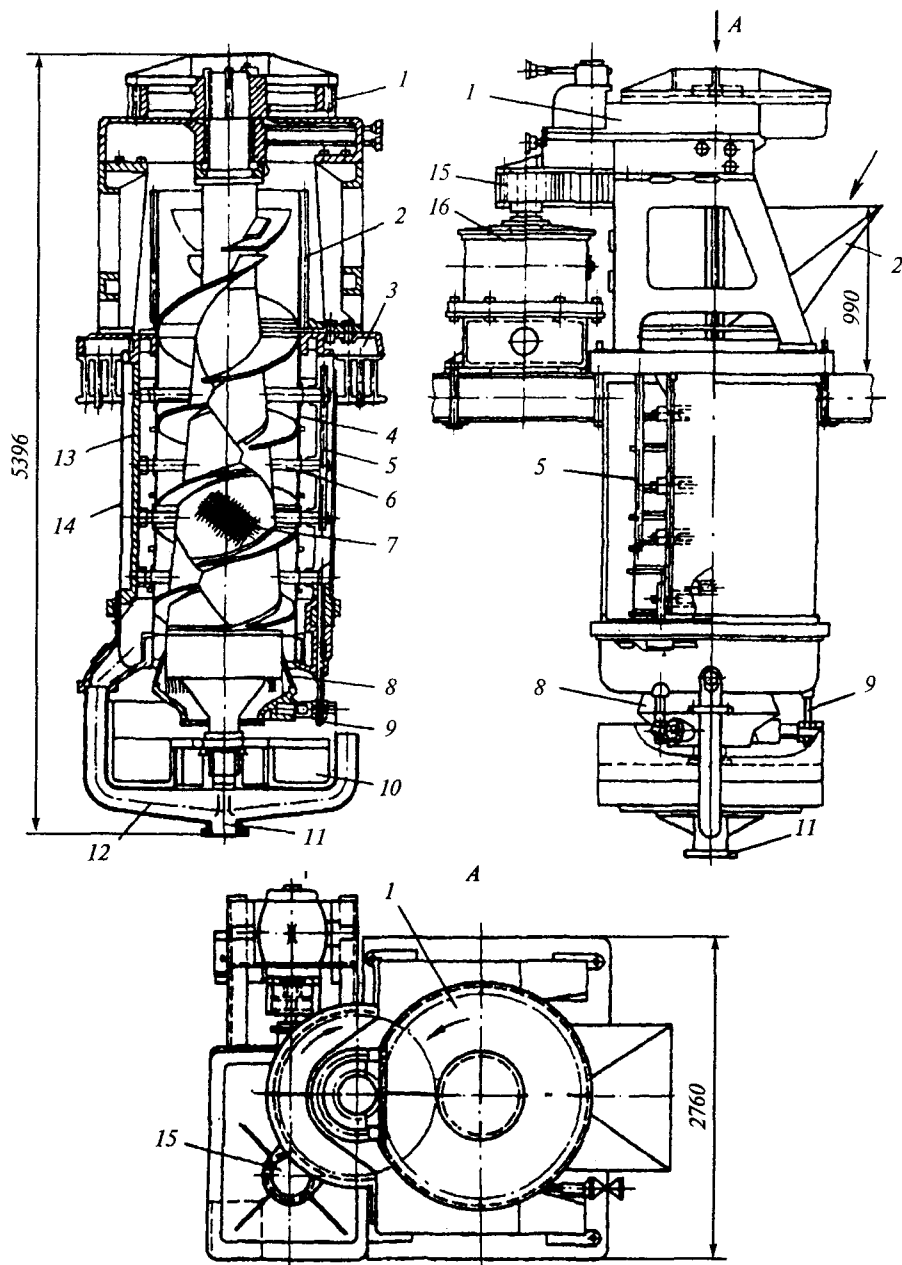


Рис. 11.40. Вертикальный шнековый пресс типа ПВЖ-60

**Вертикальный пресс типа ПВЖ-60** (рис. 11.40) используется в свеклосахарной промышленности и предназначен для предварительного отжатия сырого жома. В состав пресса входят зубчатые передачи 1 и 15, воронка 2, плита 3, цилиндрическое сито 4, трубопровод 5, контролпасты 6, вал 7, коническое сито 8, болт 9, скребок 10, штуцер 11, канал 12, кожух 13, подвесной болт 14 и редуктор 16. На чугунной плите 3

пресса, расположенной на швеллерах, установлены кронштейны для привода, кожух пресса и подвесные болты. Полый конический вал 7, имеющий на своей поверхности шнековые лопасти, верхней и нижней шейками установлен в специальных траверсах. Нижняя траверса пресса подвешивается к плите подвесными болтами 14. Над плитой расположена приемная воронка 2, а под ней — цилиндрическое разъемное сито 4 с коническими отверстиями диаметром 2...5 мм.

На кожухе пресса, с двух противоположных сторон, расположены контролапасты 6. Они входят в промежутки между отдельными шнековыми лопастями и препятствуют вращению жома вместе со шнеком. Контролапасты имеют отверстия, через которые проходит пар, подводимый по трубопроводу 5.

В нижней части цилиндрического сита расположено подвижное коническое сито, которое можно поднимать и опускать при помощи болтов 9. Изменением размера щели между этим ситом и нижней частью цилиндрического сита регулируется степень отжатия жома.

Жом, подлежащий прессованию, поступает в воронку 2 и верхними лопастями шнека направляется вниз, в пространство с меньшим поперечным сечением, где происходит отжатие воды от жома. Часть отпрессованной воды выходит через отверстия цилиндрического сита, а часть — через полый вал. Отпрессованная вода по каналу 12 и штуцеру 11 направляется на диффузионную установку.

Отжатый жом, выходящий через щель, образованную коническим ситом 8 и цилиндрическим 4, направляется наружу при помощи скребков 10. Для нормальной работы пресса зазор между цилиндрическим ситом и шнековыми лопастями должен быть не более 2 мм.

Кроме прессов ПВЖ-60 на отечественных заводах установлены прессы ПВЖ-57 и ПВЖ-59. По устройству они аналогичны между собой, но отличаются конструкцией прессующего шнека, устройством узла для регулирования отжатия жома, устройством привода и конструкцией сит.

### Техническая характеристика прессов типа ПВЖ

Показатель	ПВЖ-57	ПВЖ-59	ПВЖ-60
Производительность по свекле, т/сут . . . . .	500	500	1000
Частота вращения шнека, мин <sup>-1</sup> . . . . .	3,96	4	4
Высота сита, мм . . . . .	2035	2050	2100
Диаметр сита, мм . . . . .	1000	1000	1200
Содержание сухих веществ в жоме, % . . . . .	16	16...18	18...20
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	28	28	40

**Горизонтальный двухшнековый пресс «Stord BS-64»** (рис. 11.41) состоит из бункера 1, шнеков 2, крышки 3, шестерен 4 и 5, маслонасоса 6, редуктора 7, гидромфты 8, электродвигателя 9, ребра жесткости 10, верхнего 11 и нижнего 14 каркасов, фильтрующих сит 12 и 15, стяжных болтов 13. В горизонтальном корпусе параллельно установлено два шнека 2. Сверху корпус закрывается крышками 3. В корпусе и крышках шнека имеются фильтрующие сита 12 и 15, изготовленные из нержавеющей стали. Отверстия сит конические размером 3,9/5 мм.

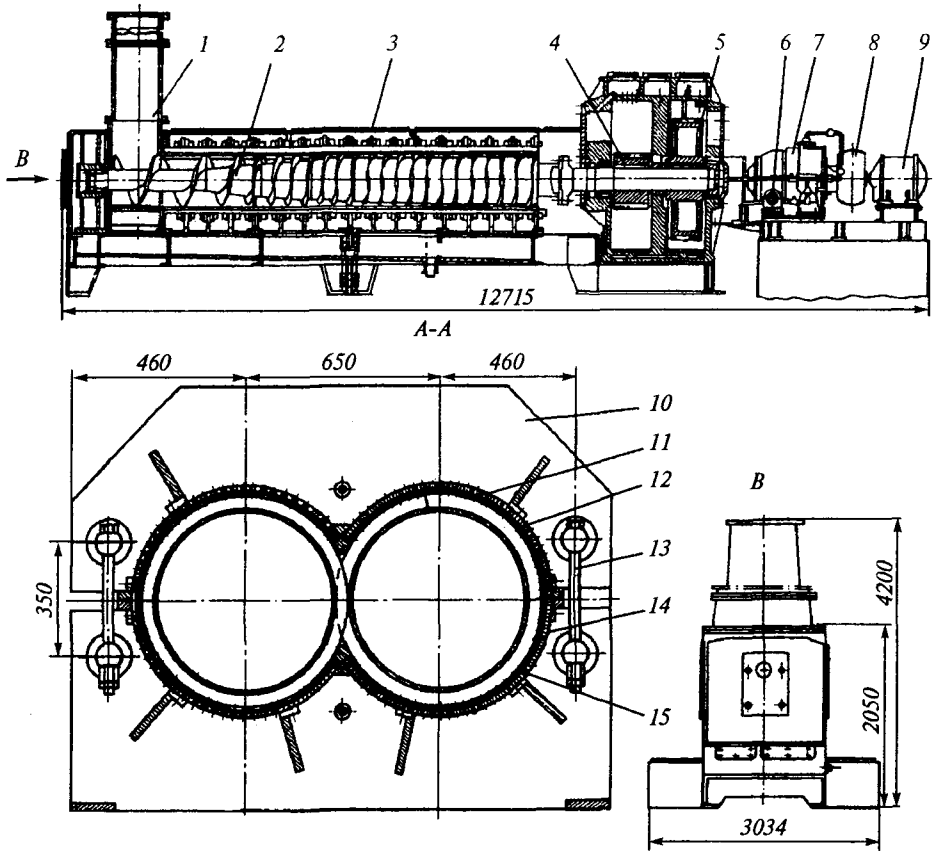


Рис. 11.41. Горизонтальный двухшнековый пресс «Stord BS-64»

Конструкция шнеков позволяет вначале быстро удалить большую часть воды, т. е. достичь значительного изменения объема, а затем при дальнейшем перемещении жомы незначительно повысить давление. Соотношение объемов первой и последней межвитковых камер шнека составляет 7 : 1.

Частота вращения шнеков может регулироваться при помощи гидромфты 8 от 1,45 до 3,00 об/мин. От частоты вращения шнека зависят его производительность, содержание сухих веществ в отпрессованном жоме и расход энергии.

Показатели работы пресса зависят от равномерности питания его жомом. При недостаточной загрузке пресса жомом содержание сухих веществ в отжатом жоме уменьшается (меньше 22 %).

### Техническая характеристика пресса

Производительность по отжатому жому, т/сут . . . . .	223
Содержание сухих веществ, % . . . . .	23...26
Выход отжатого жомы, % к массе свеклы . . . . .	22...25
Производительность пресса по свекле, т/сут. . . . .	1008
Количество мезги, прошедшей через сито, % к массе свеклы. . . . .	1,65
Мощность приводного электродвигателя, кВт . . . . .	37...56
Частота вращения вала шнека, мин <sup>-1</sup> . . . . .	1,45...3,0

**Инженерные расчеты.** Производительность прессов  $\Pi$  (кг/с) определяется по формуле

$$\Pi = Ft(n/60)\rho\varphi,$$

где  $F$  — площадь кольцевого выходного отверстия или сумма площадей отдельных отверстий диска,  $\text{м}^2$ ;  $t$  — шаг наклонного витка, расположенного в выходной щели, м;  $n$  — частота вращения вала шнека,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\rho$  — плотность отжатого жома,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\varphi$  — отношение площади, занятой прерывистыми витками шнека, к площади винтовой поверхности, на которой расположены прерывистые витки (расчет производится для одного витка у выходной щели).

Производительность шнека в  $i$ -м сечении  $\Pi_i$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) определяется по уравнению

$$\Pi_i = [(\pi(D^2 - d^2)S_i K_{\text{пр}i} / 4) - V_{\text{в}i}] n / 60,$$

где  $D$  — наружный диаметр шнека, м;  $d$  — средний диаметр корпуса шнека на данном участке, м;  $S_i$  — шаг витка на данном участке, м;  $n$  — частота вращения шнека,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $V_{\text{в}i}$  — объем, занимаемый витками шнека на длине одного шага,  $\text{м}^3$ ;  $K_{\text{пр}i}$  — коэффициент перемещения, учитывающий проворачивание жома.

Мощность привода  $N$  (кВт) пресса складывается из ряда составляющих:

$$N = (N_c + N_k + N_b + N_{\text{сж}} + N_n) / \eta_{\text{пр}},$$

где  $N_c$ ,  $N_k$ ,  $N_b$ ,  $N_{\text{сж}}$ ,  $N_n$  — мощность, необходимая для преодоления сил трения продукта соответственно по ситовому корпусу, поверхности корпуса, поверхности витков шнека, для сжатия жома, перемещения жома;  $\eta_{\text{пр}}$  — коэффициент полезного действия привода.

**Ротационный пресс с горизонтальной плоской матрицей ПБ-5** (рис. 11.42) состоит из стойки 1, вала 2, корпуса 3, опорного узла 4, лотка 5, лопасти 6, бункера 7, кожуха 8, распределителя 9, прессующих валков 10, матрицы 11, устройства 12 для среза гранул, шестеренчатой передачи 13, редуктора 14, ножа 15, муфты 16, оси 17 и электродвигателя 18.

Матрица 11 установлена на полом валу 2 и вращается вместе с ним. К матрице прикреплен кожух 8, который является бункером 7 для прессуемого жома.

На корпусе пресса установлен кожух 8, в верхней части которого имеется отверстие для поступления жома. Конический распределитель 9 служит для направления сухого жома под валки.

Прессованный жом, проходя через отверстия матрицы, срезается ножом 15 и лопастью 6 направляется в лоток 5. Установка ножа осуществляется при помощи муфты 16, поворачивающейся на оси 17. Зазор между матрицей и лезвием ножа должен быть не более 0,5 мм. Необходимо, чтобы нож перекрывал рабочую ширину матрицы; лезвие его должно располагаться параллельно нижней плоскости матрицы. Угол наклона ножа к горизонтальной плоскости составляет  $30^\circ$ .

Для срезания брикета устанавливаются четыре ножа. Если необходимо получить более крупные брикеты, количество ножей уменьшают.

Матрица пресса имеет прямоугольные отверстия размером  $20 \times 20$  мм и круглые диаметром от 11 до 20 мм. Длина отверстий или толщина матрицы зависит от требований, предъявляемых к брикетам.

Так как брикет формируется в отверстиях матрицы валками, то брикет определенной прочности можно получить при определенной длине отверстия с заданным сечением. Внутренняя поверхность отверстий должна быть хорошо обработана, а верхние и нижние концы раззенкованы.

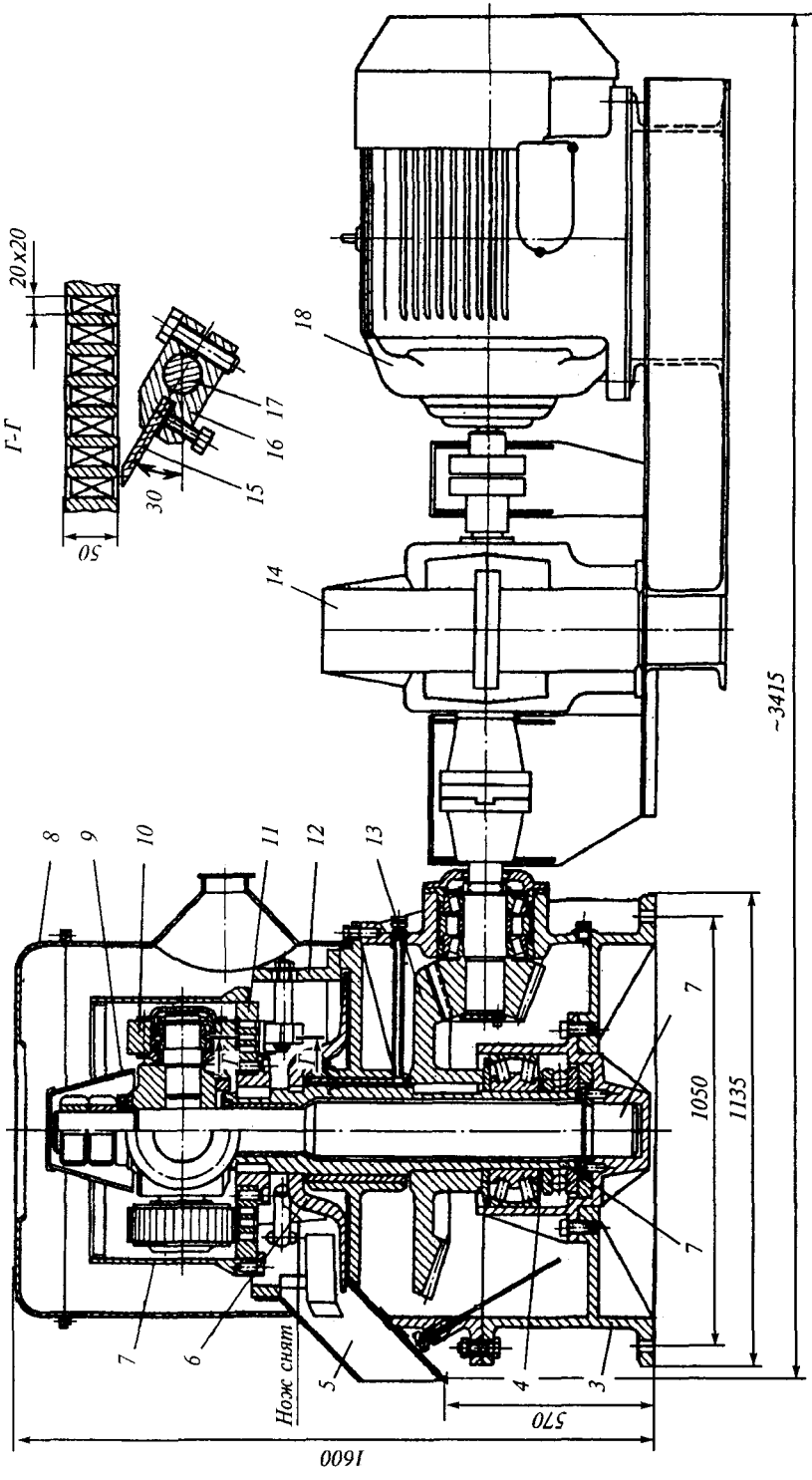


Рис. 11.42. Ротационный пресс с горизонтальной плоской матрицей ПБ-5

Обычно толщину матрицы принимают от 40 до 50 мм. Матрицы изготовляют с таким расчетом, чтобы при срабатывании одной плоскости можно было использовать другую ее сторону. Срабатывание матрицы с одной стороны допускается до 15 мм.

Пресс имеет четыре прессующих валька 10, установленных на неподвижных осях. На рабочих поверхностях валков имеются рифли с шагом 12 мм и глубиной впадины 4 мм. Зазор между рабочей поверхностью матрицы и поверхностью валков регулируется при помощи гайки и контргайки, установленных в верхней части стойки пресса.

Если пресс по каким-либо причинам был внезапно остановлен, то при последующем пуске необходимо в пресс добавить жиродержащий продукт для облегчения пуска пресса.

В процессе работы пресса сухой жом при вращении матрицы увлекается в клиновидный зазор между валками и матрицей, чему способствуют рифли.

Гранулы поступают на сбрасывающую лопасть и направляются в охлажденную башню.

### Техническая характеристика пресса

Производительность, т/сут . . . . .	120
Частота вращения матрицы, мин <sup>-1</sup> . . . . .	60
Диаметр брикета, мм . . . . .	11...20
Число валков, шт. . . . .	4
Число ножей, шт. . . . .	4
Влажность жома, % . . . . .	12...14
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	75
Частота вращения, об/мин . . . . .	1500
Габаритные размеры, мм . . . . .	3415×1370×1600
Масса, кг . . . . .	4300

**Инженерные расчеты.** Производительность прессов  $\Pi$  (кг/с) определяют по формулам:

шнекового

$$\Pi = mk[\pi(d_n^2 - d_b^2) / 4](\lambda - [(b_1 - b_2) / 2 \cos \alpha]) n \rho k_1 k_2 k_3,$$

где  $m$  — число заходов шнека;  $k$  — количество шнеков;  $d_n$  — наружный диаметр шнека, м;  $d_b$  — диаметр вала шнека, м;  $\lambda$  — шаг винтовой лопасти шнека, м;  $b_1, b_2$  — ширина винтовой лопасти в сечении по внутреннему радиусу и по наружному радиусу шнека, м;  $\alpha$  — угол подъема винтовой линии по среднему диаметру шнека;  $n$  — частота вращения шнека, с<sup>-1</sup>;  $\rho$  — плотность прессованного продукта при выходе из отверстия матрицы, кг/м<sup>3</sup>;  $k_1, k_2, k_3$  — коэффициенты наполнения межвинтового пространства ( $k_1 = 0,9...1,0$ ), прессования ( $k_2 = 0,51...0,56$ ), степени уменьшения подачи ( $k_3 = 0,9$ );

гидропрессовой установки творогоизготовителя

$$\Pi = \pi \rho L n (d_1^2 - d_2^2) / 8(t_3 + t_n + t_b + t_p + t_c),$$

где  $\rho$  — плотность получаемого творога, кг/м<sup>3</sup>;  $L$  — длина ванн, м;  $n$  — число ванн;  $d_1, d_2$  — внутренний диаметр ванны для молока и внешний диаметр прессующей ванны, м;  $t_3$  — продолжительность заполнения ванны молоком, с;  $t_n$  — продолжительность прессования, с;  $t_b$  — время возврата прессующей ванны в исходное положение, с;  $t_p$  — время разгрузки ванны, с;  $t_c$  — продолжительность сквашивания, с.



$$t_3 = V_b / Q_n,$$

здесь  $V_b$  — объем ванны,  $\text{м}^3$ ;  $Q_n$  — производительность питающего насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$$t_n = h_n / v_n,$$

здесь  $h_n$  — ход поршня цилиндра,  $\text{м}$ ;  $v_n$  — скорость движения поршня,  $\text{м}/\text{с}$ ,

$$t_b = h_n / v_n,$$

здесь  $v_n$  — скорость возврата ванны,  $\text{м}/\text{с}$ ;  
ротационного таблетировочного пресса  $\Pi$  (шт/с)

$$\Pi = \alpha_0 n Z m,$$

где  $\alpha_0$  — коэффициент использования производительности ( $\alpha_0 = 0,7 \dots 0,8$ );  $n$  — частота перемещения стола,  $\text{с}^{-1}$ ;  $Z$  — число пар пуансонов;  $m$  — число штампований за один оборот стола.

Давление масла в гидросистеме  $P$  (Па) творогоизготовителя с прессующими ваннами определяется по формуле

$$P = [4(F_1 - F_2) / \pi d^2 \eta] + \Delta P,$$

где  $F_1$  — усилие прессования,  $\text{Н}$ ;  $F_2$  — усилие, возникающее от массы движущихся частей,  $\text{Н}$ ;  $d$  — диаметр поршня,  $\text{м}$ ;  $\eta$  — КПД гидроцилиндра ( $\eta = 0,88$ );  $\Delta P$  — потери давления в золотнике и обратном клапане, Па.

Давление, создаваемое в пресс-тележке для творога,  $P$  (Па) :

$$P = \pi d_m F \eta / \lambda S,$$

где  $d_m$  — диаметр маховика,  $\text{м}$ ;  $F$  — сила, приложенная к ободу маховика винтового зажима,  $\text{Н}$ ;  $\eta$  — КПД винта ( $\eta = 0,4 \dots 0,5$ );  $\lambda$  — шаг винта,  $\text{м}$ ;  $S$  — площадь нажимной решетки,  $\text{м}^2$ .

Мощность двигателя  $N$  (кВт) к прессам рассчитывают по формулам:  
шнекового пресса

$$N = E\Pi(1 + K_m)\eta_a / 1000\eta,$$

где  $E$  — удельный расход энергии на прессование,  $\text{Дж}/\text{кг}$ ;  $\Pi$  — производительность пресса,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $K_m$  — коэффициент потери энергии на трение ( $K_m = 3 \dots 5$ );  $\eta_a$  — коэффициент запаса мощности ( $\eta_a = 1,2 \dots 1,5$ );  $\eta$  — КПД передачи от двигателя к валу шнека;  
винтового пресса

$$N = F n \eta_a / 1000\eta,$$

где  $F$  — сила прессования, действующая на винт,  $\text{Н}$ ;  $n$  — частота вращения гайки,  $\text{с}^{-1}$ ;  
 $\eta$  — КПД передачи от двигателя к винту или гайке;  
гидропрессовой установки

$$N = Q_v P \eta_a / 1000\eta; \quad Q_v = (\pi d^2 / 4) v_n + g,$$

где  $Q_v$  — расход рабочей жидкости,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $d$  — диаметр поршня,  $\text{м}$ ;  $v_n$  — скорость поршня,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $P$  — давление рабочей жидкости на поршень пресса, Па;  $\eta$  — КПД насоса с приводом ( $\eta = 0,6 \dots 0,8$ );

таблетировочного пресса

$$N = PSZv n_y \eta_a / 1000 \eta,$$

где  $P$  — максимальное давление прессования, Па;  $S$  — прессующая площадь пуансона, м<sup>2</sup>;  $v$  — скорость движения пуансона, м/с;  $Z$  — число пар пуансона, одновременно прессующих таблетки;  $n_y$  — коэффициент усреднения давления ( $n_y = 0,45$ );  $\eta$  — КПД передачи от двигателя к столу;  $\eta_a$  — коэффициент запаса мощности.

Если принять, что за один оборот матрицы через нее будет выпрессовано каждым валком количество гранул, равное числу отверстий в ней, то производительность валкового пресса составит  $\Pi$  (кг)

$$\Pi = (\pi d^2 / 4) l \rho k z,$$

где  $d$  — диаметр гранул, м;  $l$  — длина гранул, м;  $\rho$  — плотность гранул, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  — число отверстий в матрице, шт.;  $z$  — число прессующих валков.

Секундная производительность валкового пресса  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = (\pi d^4 / 4 \cdot 60) l \rho k z n \varphi,$$

где  $n$  — частота вращения матрицы, мин<sup>-1</sup>;  $\varphi$  — коэффициент заполнения матрицы;  $d$  — диаметр валка, м;  $l$  — длина валка, м;  $\rho$  — плотность гранул, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  — число отверстий в матрице, шт.;  $z$  — число прессующих валков.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Знание механизма разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред позволяет правильно выбрать способ их разделения и учитывать факторы, влияющие на интенсивность процесса.*

*2. Классификация машин для разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред по функционально-технологическому принципу позволяет не только уяснить их устройство и принцип действия, но и выбрать ту из них, которая наиболее полно реализует особенности процесса в зависимости от технологических свойств сырья.*

*3. Основные направления повышения эффективности работы оборудования во многом определяются особенностями эксплуатации, ремонта и обслуживания машин для разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред, а также факторами, влияющими на производительность и энергоемкость процесса.*

*4. Методики инженерных расчетов машин для разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред позволяют выполнять не только проверочные расчеты существующего оборудования, но и конструкторские расчеты вновь создаваемого прогрессивного оборудования.*

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется процессом центрифугирования?
2. Какие виды центрифугирования Вы знаете? Охарактеризуйте их.
3. В чем заключается сущность основных стадий процесса фуговки утфеля?
4. Какова классификация центрифуг сахарного производства?

5. Каково устройство и принцип действия центрифуги?
6. Как классифицируются маслоизготовители и маслообразователи?
7. Каково функциональное назначение текстуратора маслоизготовителя?
8. Каково устройство и принцип работы маслоизготовителя и маслообразователя?
9. Из каких составляющих складывается мощность привода центрифуги?
10. Какова классификация сепараторов?
11. В чем заключается сущность процесса разделения и осветления?
12. Каковы основные конструктивные факторы, влияющие на эффективность процесса сепарирования?
13. Каково устройство и принцип работы сепаратора?
14. Каково устройство и принцип работы фильтр-пресса?
15. Каковы основные факторы, влияющие на эффективность процесса фильтрования?
16. По какому признаку можно классифицировать мембранные процессы?
17. В чем сущность процессов обратного осмоса и ультрафильтраций? Каковы общность и различие этих процессов?
18. Какие мембраны используют в процессах обратного осмоса и ультрафильтрации? Какими свойствами должны обладать мембраны?
19. Какие конструкции аппаратов для проведения процессов обратного осмоса и ультрафильтрации применяют в пищевых производствах?
20. В чем заключается расчет аппаратов для проведения процессов обратного осмоса и ультрафильтрации?

## Глава 12

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Оборудование для смешивания пищевых сред – ведущее в технологических линиях производства пищевых продуктов путем сборки из компонентов сельскохозяйственного сырья. Процессы в этом оборудовании во многом определяют эффективность последующих процессов и формируют качество готового продукта.

*Смешивание* — это механический процесс равномерного распределения частиц отдельных компонентов во всем объеме смеси под действием внешних сил.

#### 12.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Оборудование для смешивания предназначено для получения однородных смесей двух или нескольких компонентов, обеспечения однородной консистенции при хранении, а также ускорения тепло- и массообмена в процессе производства продуктов.

Смешивание осуществляется сжатым воздухом или паром; во вращающемся резервуаре смесителя; быстро вращающимися рабочими органами (лопасти, винты, ножи, шнеки); пропусканием массы под давлением через сопла и щели; ультразвуком или гидродинамическим эффектом и др.

Для смесителя конфигурацию и форму лопастей выбирают, учитывая состояние перемешиваемой массы, ее объем, толщину слоя, производительность, соотношение смешиваемых компонентов, степень однородности, способ загрузки и выгрузки продукта, требования технологии.

Эффективность смешивания оценивают таким показателем, как однородность полученной смеси, а для количественной оценки используют коэффициент неоднородности. Практически однородной считается смесь, в которой содержание компонентов в любом ее объеме не отличается от заданного содержания для всей смеси.

На эффективность смешивания влияют плотность исходных компонентов, гранулометрический состав (форма, размеры, дисперсионное распределение по степени крупности для неоднородных компонентов) частиц компонентов смеси, влажность компонентов, состояние поверхности частиц, силы трения и адгезии поверхностей частиц и т.д.

Для определения степени однородности полученной смеси выделяют один основной компонент, а остальные объединяют в другой условный компонент. При этом полагают, что если основной компонент смеси распределен равномерно, то и все остальные компоненты также распределены удовлетворительно.

Коэффициент неоднородности смеси  $k_c$  (%) представляет собой отношение содержания основного компонента к его средней массовой доле смеси

$$k_c = 100(\sigma_c / c_{cp}) = (100 / c_{cp}) \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i - c_{cp})^2 / (n-1)},$$

где  $\sigma_c$  — среднее квадратичное отклонение содержания основного компонента, %;  $c_{cp}$  — средняя массовая доля основного компонента в смеси, %;  $c_i$  — массовая доля основного компонента в  $i$ -пробе, %;  $n$  — число проб.

Чем меньше  $k_c$ , тем равномернее смесь, что характеризует эффективность работы смесителей, при  $k_c < 10$  % эффективность смеси считается хорошей.

При большой разнице в плотности и гранулометрическом составе компонентов достижение необходимой степени смешивания затруднено и требует значительного времени.

Процесс смешивания для вращающихся смесителей описывается с помощью двухпараметрической диффузионной модели

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -v \frac{\partial c}{\partial x} + B_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{B_R}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left( R \frac{\partial c}{\partial R} \right),$$

где  $v$  — линейная скорость потока материала;  $B_L$  — коэффициент продольного перемешивания;  $B_R$  — коэффициент поперечного перемешивания;  $R$  — радиус поперечного сечения смесителя.

Анализ показывает, что смешивание условно состоит из трех элементарных процессов:

- конвективное смешивание — это перемещение групп частиц из одного объема смеси в другой внедрением и скольжением слоев;
- диффузионное смешивание — это постепенное перемещение частиц различных компонентов через вновь образованные границы их раздела;
- сегрегация — это сосредоточение близких по форме, массе и размерам частиц в разных местах смесителя.

Если разделить по времени смешивание на три интервала, то в первом преобладает конвективное смешивание, во втором — диффузионное, в третьем — сегрегация. Первые два процесса способствуют равномерному распределению частиц в смеси, последний препятствует этому. Поэтому целесообразно заканчивать процесс в конце второго интервала смешивания.

Режим замеса теста зависит от свойств муки, рецептуры, технологических особенностей ассортимента и конструкции тестомесильной машины. При замесе происходит насыщение теста воздухом. При этом белки муки интенсивно поглощают влагу, их нерастворимые в воде фракции — глютен и глиадин — образуют клейковину. При образовании клейковинного скелета теста возникают поперечные связи между смежными цепями белков. Эти связи упрочняют структуру теста и снижают его липкость.

Различают три стадии замеса:

— смешивание сухих и жидких компонентов теста — должно проводиться как можно быстрее;

— замес — сопровождается диффузией влаги мучнистых частиц, набуханием белков. Водорастворимые фракции муки переходят в раствор. При набухании большую часть влаги забирают белковые вещества: глютен и глиадин. Набухшие белки образуют гель. На скорость замеса оказывают влияние свойства муки, степень измельчения крахмальных зерен, температура и рецептурные добавки. При погло-

щении влаги белки сильно увеличиваются в объеме, создавая клейковинный скелет. Замес требует значительных энергозатрат на привод тестомесильной машины вследствие возрастания усилия сдвига теста и может протекать при невысоких скоростях перемешивания;

— *пластификация* — сопровождается структурными изменениями крахмальных зерен и образованием клейковинной решетки, смазывающей крахмальные зерна. При этом крахмальные зерна частично измельчаются и обволакиваются белковыми пленками. Спиралевидные молекулы полипептидов раскалываются и разрыхляют структуру белков, при этом возникают клейковинные пленки. Эти соединения образуются у полипептидов за счет водородных и гидрофобных связей. Пластификация требует усиленного механического воздействия, так как происходит разрушение молекул клейковины, а также выравнивание структуры теста и ее измельчение.

## 12.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В различных отраслях пищевой промышленности возникает необходимость в перемешивании жидких продуктов: для смешивания двух или нескольких жидкостей, сохранения определенного технологического состояния эмульсий и суспензий, растворения или равномерного распределения твердых продуктов в жидкости, интенсификации тепловых процессов или химических реакций, получения или поддержания определенной температуры или консистенции жидкостей и т. д.

Смешивание пищевых продуктов осуществляется в смесителях следующих типов: шнековых, лопастных, барабанных, пневматических (сжатым воздухом) и комбинированных.

Перемешивающие аппараты классифицируются (рис. 12.1):

— *по назначению*: для смешивания, растворения, темперирования и т.д.;

— *по расположению аппарата*: вертикальные, горизонтальные, наклонные, специальные;

— *по характеру обработки рабочей среды*: смешивание одновременно во всем объеме, в части объема и пленочное смешивание;

— *по характеру движения жидкости в аппарате*: радиальное, осевое, тангенциальное и смешанное;

— *по принципу действия*: механические, пневматические, эжекторные, циркуляционные и специальные;

— *по отношению к тепловым процессам*: со стеночной поверхностью теплообмена, с погружной поверхностью теплообмена и без использования тепловых процессов.

Для тонкого измельчения и перемешивания мясного сырья используют куттер-мешалку. Кусковые вязкие и вязкопластичные продукты (муку, мясо, мясной фарш, творожно-сырковую массу) перемешивают шнеками, лопастями в барабанных и других смесителях. Жидкие продукты (молоко, сливки, сметана и др.) перемешивают в емкостях лопастными, пропеллерными и турбинными мешалками.

Тестомесильные машины разделяют на машины периодического и непрерывного действия.

**Машины периодического действия** бывают с месильными емкостями (дежами) — стационарными (рис. 12.3) и сменными (рис. 12.2) (подкатными), а дежи — неподвижными, со свободным и принудительным вращением.

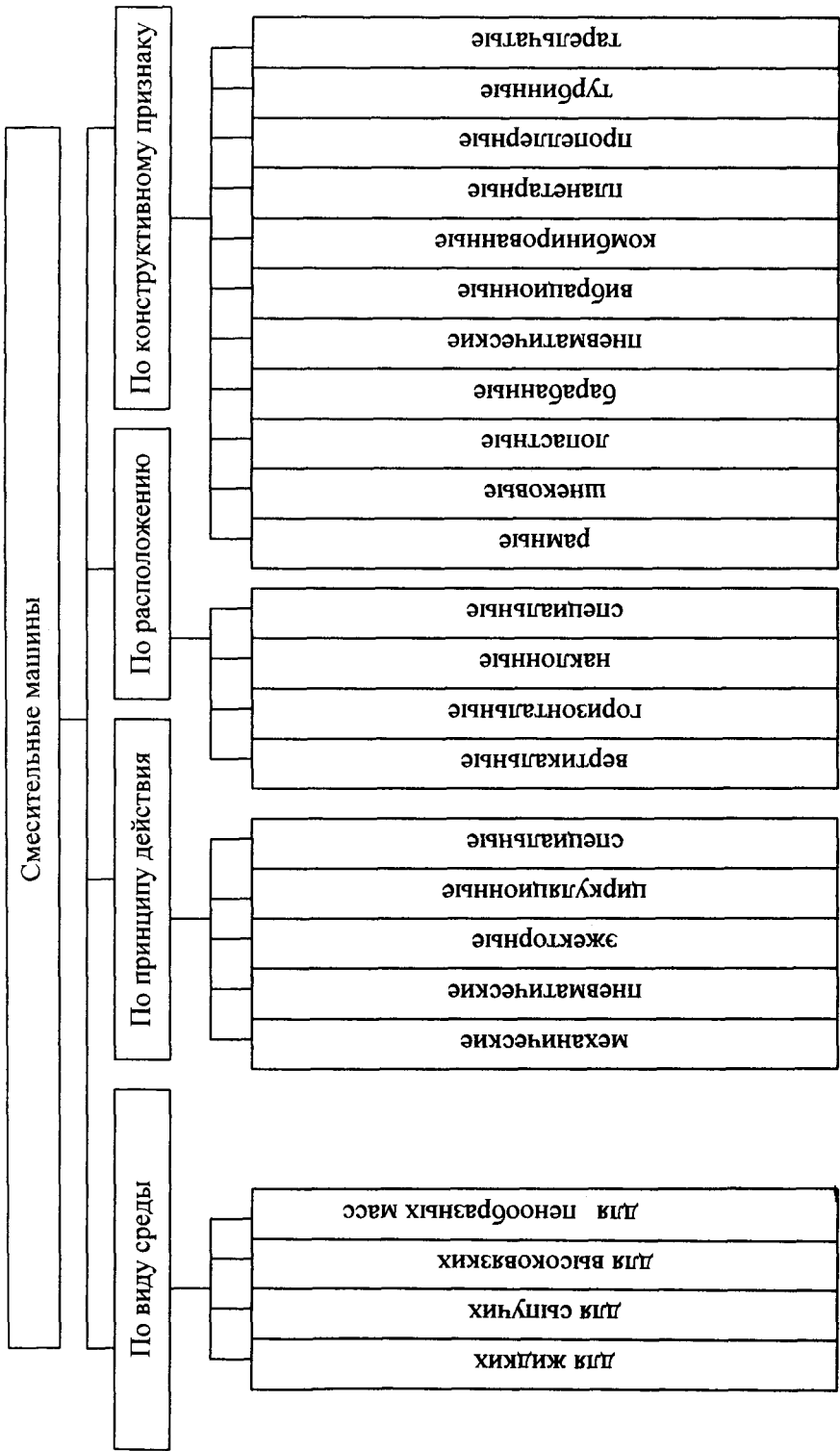


Рис. 12.1.1. Классификация смесительных машин

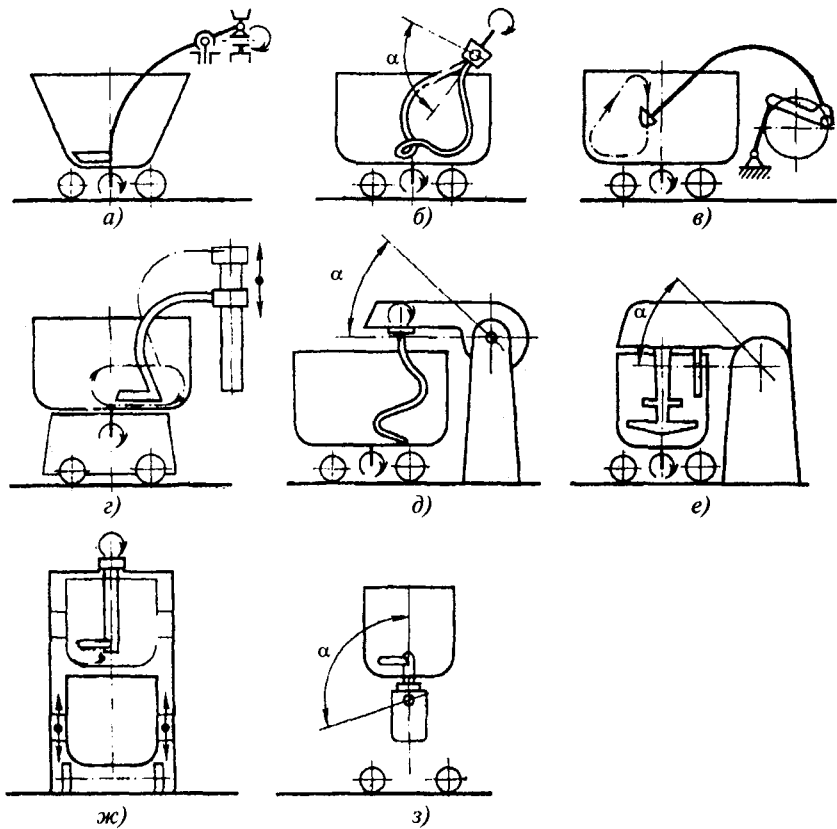


Рис. 12.2. Схемы тестомесильных машин периодического действия с подкатными дежами:  
*a* — машины с наклонной осью месильной лопасти и поступательным круговым движением ее; *b* — машины с наклонной осью вращения месильной лопасти, выполненной в виде трубы с пространственной конфигурацией; *в* — машины с месильной лопастью, рабочий конец которой совершает криволинейное плоское движение по замкнутой кривой; *г* — машины с месильной лопастью, совершающей криволинейное пространственное движение по замкнутой кривой в виде эллипса; *д* — машины со спиралеобразной месильной лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси; *е* — машины с четырехлопастной месильной лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси, и одной неподвижной вертикальной лопастью; *ж* — машины с горизонтальной цилиндрической или плоской лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси; *з* — машины с горизонтальной лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси и наклонной осью дежи

По интенсивности воздействия рабочего органа на тесто тестомесильные машины разделяются на три группы:

- обычные тихоходные (рабочий процесс не сопровождается нагревом теста);
- быстроходные (рабочий процесс сопровождается нагревом теста на 5...7 °С);
- супербыстроходные (замес сопровождается нагревом теста на 10...20 °С и требуется специальное водяное охлаждение корпуса камеры).

По характеру движения месильного органа различают машины с круговым, вращательным, планетарным и сложным плоским и пространственным движением месильного органа.

Тестомесильные машины непрерывного действия (рис. 12.4) разделяют на следующие группы:

- однокамерные с горизонтальным валом и Т-образными месильными лопастями, например машина X-12 (рис. 12.4, *a*);



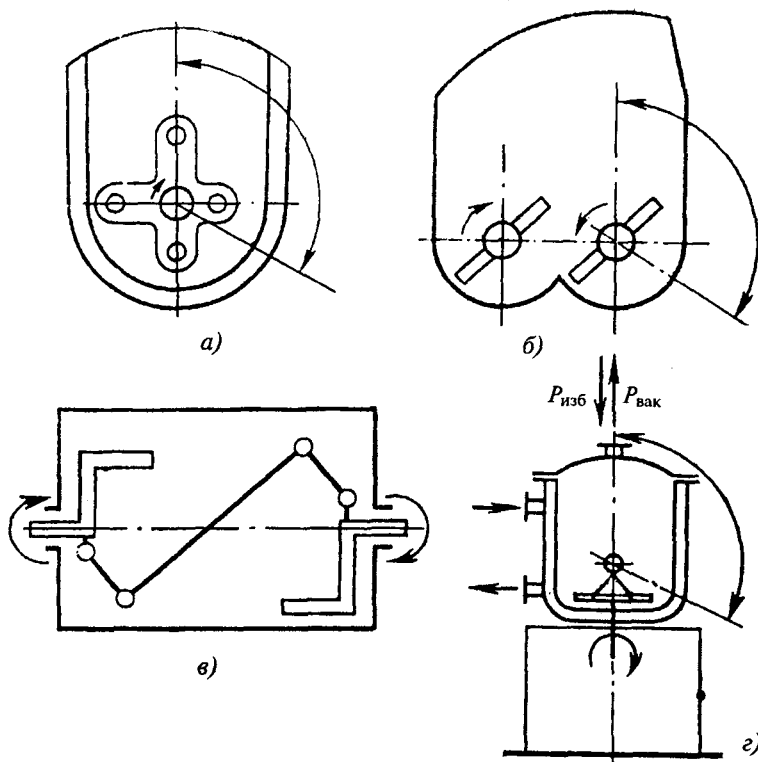


Рис. 12.3. Схемы тестомесильных машин периодического действия со стационарными дежами: *а* — машины с горизонтальными и наклонными цилиндрическими месильными валами; *б* — машины со спаренными Z-образными лопастями, вращающимися в разные стороны вокруг горизонтальной оси; *в* — машины с шарнирной Z-образной месильной лопастью; *г* — машины с многоугольным ротором и витком шнека на дне емкости

— одновальные с горизонтальным валом, на котором в начале месильной емкости размещены трапецеидальные плоские лопасти, а в конце — винтовой шнек, заключенный в цилиндрический корпус, например тестомесильная машина системы Хренова (рис. 12.4, *б*);

— одновальные с горизонтальным валом, на котором вначале размещен смесительный шнек, а затем радиальные цилиндрические лопасти, например тестомесильная машина ФТК-1000 (рис. 12.4, *в*);

— одновальные с горизонтальным валом, вначале которого закреплен шнек и затем дисковая диафрагма и четырехлопастный пластификатор (рис. 12.4, *г*);

— одновальные с горизонтальной осью вращения, на которой в цилиндрической камере смешения размещен шнековый барабан с независимым приводом, в конической камере на валу закреплены месильные прямоугольные лопасти, а на ее стенках — неподвижные лопасти (рис. 12.4, *д*);

— двухвальные с горизонтальными валами, на которых закреплены Т-образные месильные лопасти (рис. 12.4, *е*);

— двухвальные с горизонтальными валами, вращающимися в разные стороны и закрепленными на них ленточными лопастями, например тестомесильная машина «Топос» (рис. 12.4, *жс*);

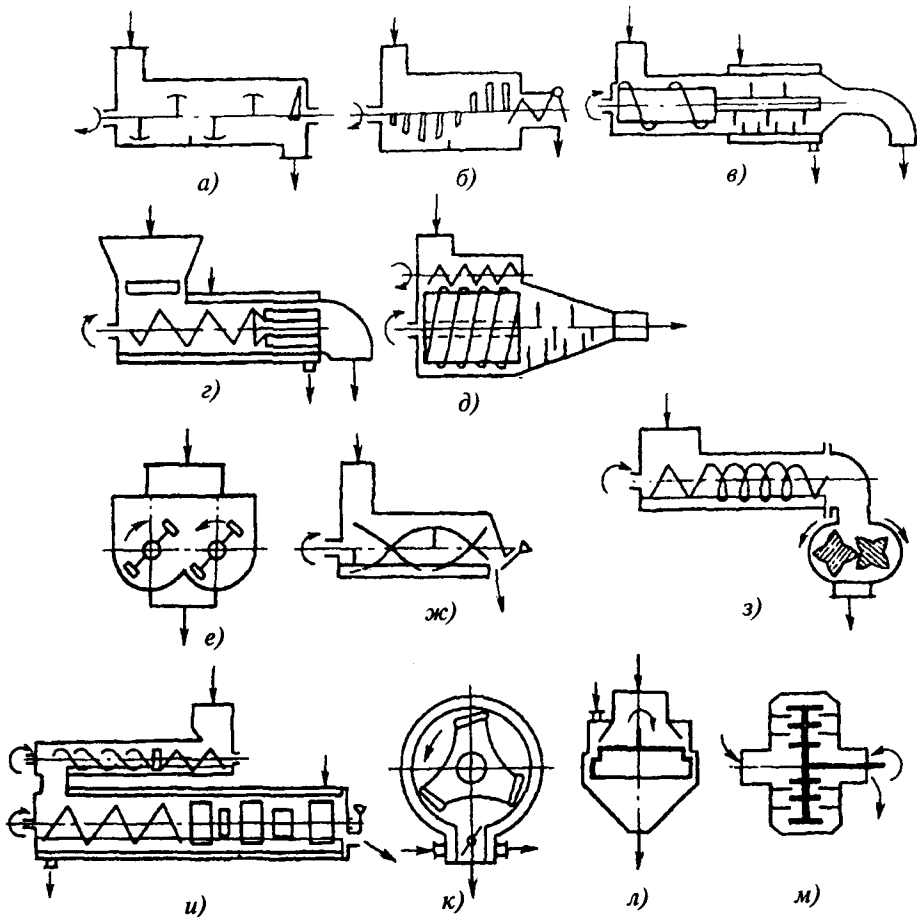


Рис. 12.4. Схемы тестомесильных машин непрерывного действия

— двухкамерные двухвальные, на валах которых закреплены винтообразные лопасти, образующие зоны смешения и замеса, а зона пластификации оборудована двумя четырехугольными звездочками, например тестомесильные машины РЗ-ХТО (рис. 12.4, з);

— двухкамерные двухвальные, у которых имеется отдельная смесильная камера с приводом, а месильная камера с регулируемым приводом включает две зоны замеса: месильную, снабженную шнеками, и зону пластификации, рабочим органом которой являются кулаки (рис. 12.4, и);

— с трехлопастным ротором, например тестомесильная машина системы Прокопенко (рис. 12.4, к);

— с вертикальным цилиндрическим ротором, например тестомесильная машина РЗ-ХТН/1 (рис. 12.4, л);

— с дисковым ротором, на котором размещены кольцевые выступы, а в щели между ними входят с небольшим зазором кольцевые выступы корпуса (рис. 12.4, м).

**12.3. МЕШАЛКИ ДЛЯ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ СРЕД**

Наиболее распространенным видом механических перемешивающих аппаратов являются аналогичные по устройству и принципу действия реакторы МЗС-316 и МЗС-210.

**Реакторы МЗС-210 и МЗС-316** (рис. 12.5) предназначены для перемешивания вязких и жидких пищевых продуктов из нескольких компонентов.

Перемешивание продукта осуществляется мешалкой 4, состоящей из вертикального вала с укрепленными на нем лопастями. В нижней части корпуса 5 имеются два патрубка для спуска конденсата и выгрузки готового продукта. Над реактором смонтирован привод, включающий электродвигатель 1 и редуктор 2. Для санитарной обработки верхней части имеется крышка 3.

Технические характеристики реакторов представлены в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Техническая характеристика реакторов МЗС-210 и МЗС-316

Показатель	МЗС-210	МЗС-316
Рабочая емкость, л	920	500
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	4	2,2
Рабочее давление, МПа:		
в паровой камере	0,4	0,3
в корпусе	0,07	0,07
Частота вращения мешалки, мин <sup>-1</sup>	57	70
Установленная мощность, кВт	2,8	1,7
Габаритные размеры, мм	1500×1418×2506	1300×1240×1960
Масса, кг	1320	740

**Ванна нормализации ВН-600** (рис. 12.6) предназначена для нормализации по жирности высокожирных сливок.

Ванна представляет собой двухстенный цилиндрический вертикальный сосуд с наклонным дном, снабженный лопастной мешалкой 1. Герметичная емкость между внутренней ванной и рубашкой 3 заполняется теплоносителем в тех случаях, когда по технологическому процессу необходимо подогреть продукт. В качестве теплоносителя может использоваться либо горячая вода, либо пар, который вводится в предварительно заполненную водой емкость. Для выхода воздуха и слива конденсата емкость снабжена переливной трубой.

Ванна устанавливается на трех регулируемых по высоте ножках. Крышка 2 ванны, выполненная в виде усеченного конуса, состоит из двух частей, соединенных между собой с помощью шарнирных петель. Одна часть крышки откидная, а другая прикреплена к верхней поверхности ванны. На неподвижной части крышки 2 имеется люк для подачи продукта в ванну и установлен конечный выключатель, который служит для обесточивания электродвигателя привода 4 мешалки при открывании крышки. Рамная лопастная мешалка, ось вращения которой расположена перпенди-

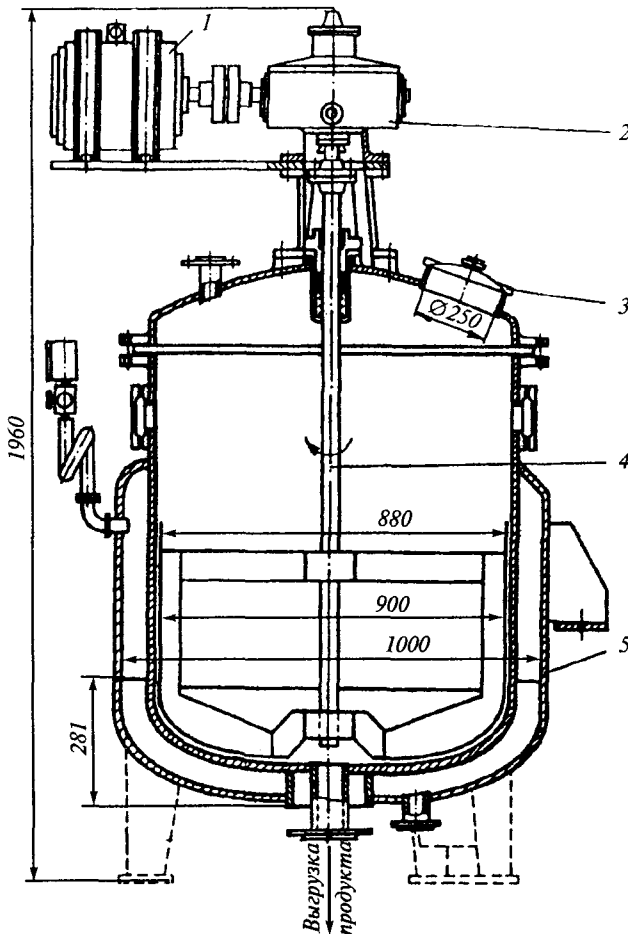


Рис. 12.5. Реактор МЗС-316

кулярно наклонному дну ванны, надевается сверху на коническую шейку вала мешалки и крепится специальной гайкой.

Привод 4 вала мешалки расположен в нижней части ванны на наклонном днище. От электродвигателя вращение через упругую муфту передается на червячный редуктор. Тихоходный вал редуктора соединен с помощью жесткой муфты с валом мешалки. Нижнее расположение привода мешалки полностью исключает попадание масла из редуктора в продукт и уменьшает высоту ванны.

Наклон лопастей рамной мешалки и наклонное расположение ее оси вращения обеспечивает эффективное перемешивание продукта.

Для контроля температуры продукта в нижней части ванны имеется штуцер для присоединения датчика температуры.

### Техническая характеристика ванны нормализации ВН-600

Рабочая емкость, л . . . . .	600
Объем обогреваемого пространства, м <sup>3</sup> . . . . .	0,08
Давление пара, МПа . . . . .	0,06
Частота вращения мешалки, с <sup>-1</sup> . . . . .	5,7
Установленная мощность, кВт . . . . .	1,1
Габаритные размеры, мм . . . . .	1210×1350
Масса, кг . . . . .	351

**Инженерные расчеты.** При конструировании перемешивающих устройств определяют производительность, длительность процесса перемешивания, потребляемую энергию и мощность электродвигателей, проводят также прочностные и конструктивные расчеты отдельных узлов и элементов.

Уровень жидкости в спокойном состоянии  $h$  (м)

$$h = V / \pi R_{\text{ан}}^2,$$

где  $V$  — объем жидкости,  $\text{м}^3$ ;  $R_{\text{ан}}$  — радиус аппарата, м.

Предельная угловая скорость вращения лопасти  $\omega_{\text{н.в}}$  (рад/с), при которой жидкость в емкости размерами  $R_{\text{ан}}$  и  $H$ , м, налитая до уровня  $h$ , не выплеснулась через край емкости (условие невыплескивания жидкости из аппарата) будет равна

$$\omega_{\text{н.в}} < (2 / R_{\text{ан}}) \sqrt{g(H - h)}.$$

Предельная угловая скорость вращения лопасти  $\omega_{\text{н.л}}$  (рад/с), которую она может иметь для того, чтобы ее верхний край не оказался выше уровня перемешиваемой жидкости (условие необнажения лопасти мешалки),

$$\omega_{\text{н.л}} < (2 / R_{\text{ан}}) \sqrt{g(H - h)}.$$

Предельная угловая скорость вращения лопасти  $\omega_0$  (рад/с), при которой будет выполнено условие необнажения дна аппарата,

$$\omega_0 = 2\sqrt{h} / R_{\text{ан}}.$$

Зная  $\omega_{\text{н.в}}$ ,  $\omega_{\text{н.л}}$  и  $\omega_0$ , выбираем  $\omega_{\text{раб}}$  (рад/с).

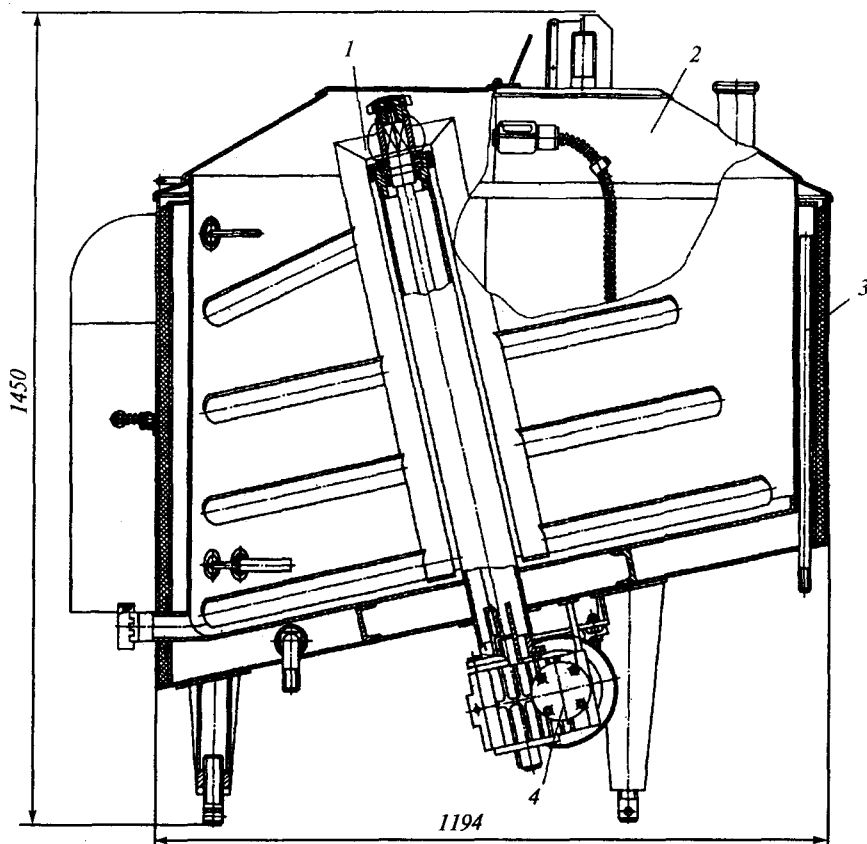


Рис. 12.6. Ванна нормализации ВН-600

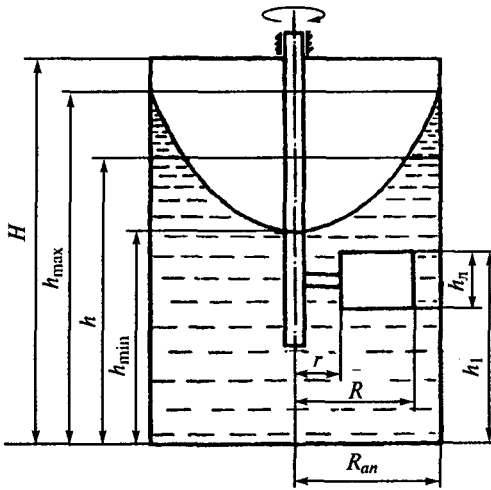


Рис. 12.7. Схема к расчету скорости лопастной мешалки

Максимальная высота жидкости в аппарате  $h_{\max}$  (м) (рис. 12.7)

$$h_{\max} = h + (\omega_{\text{раб}}^2 R_{\text{ан}}^2 / 4g).$$

Тогда высота аппарата  $H$  (м)

$$H = h_{\max} + K,$$

где  $K$  — некоторый запас высоты, м.

Минимальная высота жидкости в аппарате  $h_{\min}$  (м), при которой процесс будет протекать нормально, равна

$$h_{\min} = h - (\omega_{\text{раб}}^2 R_{\text{ан}}^2 / 4g).$$

Для того чтобы верхний край лопасти не оказался выше уровня воронки вращающейся жидкости, нижний уровень  $h_{\min}$  воронки в центре должен быть выше плоскости верхнего края лопасти  $h_1$  (рис. 12.7)

$$h_{\min} > h_1.$$

Крутящий момент на валу лопасти  $M$  (Н·м)

$$M = (c\rho h_n \omega_{\text{раб}} / 4)(R_n^4 - r_n^4),$$

где  $c$  — коэффициент сопротивления, величина которого зависит от формы и скорости тела, вязкости жидкости и т. п.;  $\rho$  — плотность перемешиваемой жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;  $h_n$  — высота лопасти, м;  $R_n$  и  $r_n$  — соответственно радиусы вращения наружного и внутреннего краев лопасти, м (рис. 12.7).

Мощность, необходимая на вращение лопасти,  $N$  (кВт)

$$N = M\omega_{\text{раб}}.$$

Следует учесть, что найденная мощность потребна только на вращение одной лопасти. Для того чтобы определить мощность привода вала лопастной мешалки, следует учесть общий КПД привода  $\eta_{\text{пр}}$ , количество лопастей  $z$  и принять некоторый запас мощности. Поэтому мощность электродвигателя привода вала лопастной мешалки  $N_3$  (кВт) равна

$$N_3 = N \cdot z \cdot k_3 / \eta_{\text{пр}},$$

где  $z$  — количество лопастей на валу, шт.;  $\eta_{\text{пр}}$  — общий КПД привода;  $k_3$  — коэффициент запаса мощности.

Производительность смешивающих устройств  $\Pi$  (кг/с) определяют по следующим формулам:

барabanного смесителя

$$\Pi = V\rho / [(m_n / n) + t_3 + t_p],$$

где  $V$  — объем барабана, занимаемый продуктом,  $\text{м}^3$ ;  $\rho$  — плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $m_n$  — число перемещений продукта в барабане;  $n$  — частота вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ ;  $t_3$  — время загрузки барабана, с;  $t_p$  — время разгрузки барабана, с;

мешалок для жидких пищевых продуктов

$$П = m / (t_s + t_n + t_p),$$

где  $m$  — масса загруженного в емкость продукта, кг.

Длительность перемешивания  $t$  (с) для смешивания жидких и тестообразных продуктов определяют по формуле

$$t_n = 3600C / n^{\alpha m_1},$$

где  $C$  — постоянный коэффициент, зависящий от вида процесса, определяемый экспериментально;  $n$  — частота вращения лопастей,  $c^{-1}$ ;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий наличие элементов турбулизации ( $\alpha = 1$ , при отсутствии таких элементов  $\alpha = 2,5$ );  $m_1$  — параметр, зависящий от вида и состояния перемешиваемой массы, определяемый экспериментально.

Давление сжатого воздуха  $P$  (Па) для перемешивания жидких продуктов в емкости находят по формуле

$$P = \rho g H \eta,$$

где  $\rho$  — плотность перемешиваемого продукта,  $кг/м^3$ ;  $g$  — ускорение свободного падения,  $м/с^2$ ;  $H$  — высота столба жидкости, м;  $\eta$  — коэффициент потерь напора ( $\eta = 1,2 \dots 2,0$ ).

Расход сжатого воздуха  $Q_v$  ( $м^3/с$ ) на перемешивание жидких продуктов

$$Q_v = g_y S / 60,$$

где  $g_y$  — удельный расход воздуха,  $м/с$  ( $g_y = 0,4 \dots 1,0$ );  $S$  — открытая поверхность емкости,  $м^2$ .

Мощность, необходимую для привода перемешивающих устройств,  $N$  (кВт) рассчитывают следующим образом:

мешалок пропеллерного типа

$$N = 0,01 K d^{4,36} \cdot n^{2,78} \cdot \rho^{0,78} \cdot \mu^{0,22};$$

лопастной горизонтальной

$$N = 0,038 K_1 d_n^4 \cdot n^3 \cdot \rho \cdot h \cdot Z;$$

лопастной вертикальной

$$N = 0,038 K_1 (d_n^4 - d_v^4) \cdot n^3 \cdot \rho \cdot h \cdot Z;$$

где  $K$  — экспериментальный коэффициент ( $K = 1,0 \dots 2,0$ );  $d, d_n, d_{в}, d_{в}$  — диаметр мешалки, лопасти, наружный и внутренний, м;  $\mu$  — динамическая вязкость жидкости, Па·с;  $K_1$  — коэффициент, зависящий от соотношения размеров в лопасти;  $h$  — высота лопасти, м;  $Z$  — число лопастей;  $m$  — число отдельных элементов мешалки;  $n$  — частота вращения мешалки,  $мин^{-1}$ .

Коэффициент  $K_1$  выбирают в соответствии со следующими значениями:

$r/h$	1	2	4	10	18
$K_1$	1,10	1,15	1,19	1,29	1,40

При подборе электродвигателя для мешалок мощность его принимают с запасом на 50 % больше расчетной.

## 12.4. МЕСИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Для замеса теста применяют различные типы тестомесильных машин, которые в зависимости от вида муки, рецептурного состава и особенностей ассортимента оказывают различное механическое воздействие на тесто.

**Тестомесильные машины периодического действия «Стандарт» и Т1-ХТ2А** (рис. 12.5) применяются на хлебозаводах малой и средней мощности и предназначены для замеса опары и теста из пшеничной и ржаной муки в подкатных дежах вместимостью 330 л.

**Машина «Стандарт»** состоит из станины 1 (рис. 12.8), закрепленной на фундаментной плите 2. Внутри станины расположен приводной электродвигатель 3, а снаружи — червячный вал 5, служащий для вращения подкатной дежи 10. Она смонтирована на трехколесной каретке 7, которая накатывается на фундаментную плиту и закрепляется на ней с помощью упора и специального фиксатора 8. При этом имеющийся на деже зубчатый венец 9 входит в зацепление с червячным валом 5. Дежа закрывается крышкой 6. Сверху на станине расположен червячный редуктор 13, приводимый в движение от электродвигателя через клиноременную передачу 11 и фрикционную муфту 12. Месильный рычаг 4 на нижнем конце имеет лопасть, которая и осуществляет замес теста в деже.

Верхний конец месильного рычага с помощью подшипника шарнирно соединен с колесом червячного редуктора и благодаря промежуточной шаровой опоре совершает поступательное круговое движение. Аналогичное движение совершает и месильная лопасть.

Во время работы машины месильная лопасть в нижнем положении проходит плотно возле днища дежи, а в верхнем выходит за плоскость среза нижней кромки дежи. При этом в начале замеса происходит интенсивное распыление муки. Перемешивание и замес происходят не на всей траектории движения месильной лопасти, а лишь на 20 %, что существенно снижает КПД машины. Замес осуществляется при

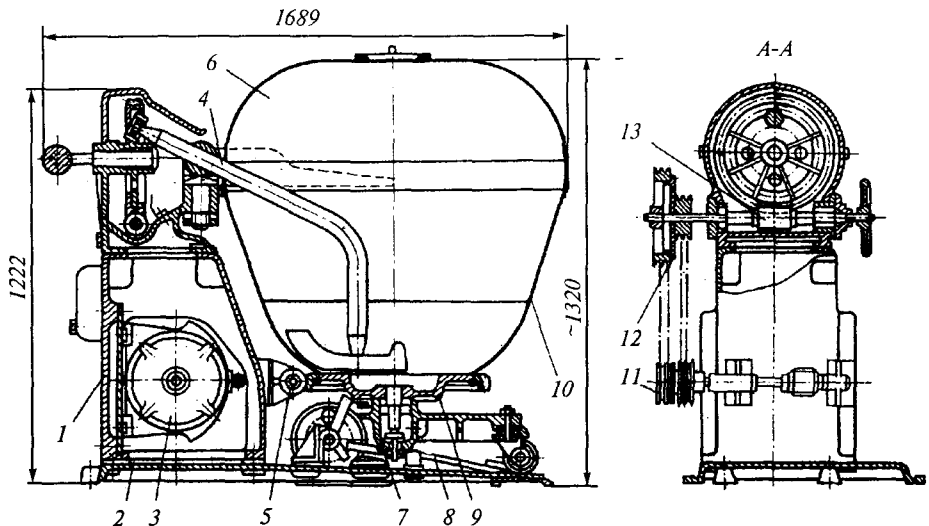


Рис. 12.8. Тестомесильная машина «Стандарт»



постоянной частоте вращения месильного рычага ( $n = 23,5$  об/мин), поэтому на машине невозможно обеспечить различную интенсивность замеса на отдельных стадиях процесса.

### Техническая характеристика тестомесильных машин

Показатель	«Стандарт»	T1-XT2A
Вместимость дежи, л . . . . .	330	330
Длительность замеса, мин . . . . .	10	6...10
Число качаний месильного рычага, мин <sup>-1</sup>	23,5	24,2
Мощность электродвигателя, кВт . . . .	4,5	3
Частота вращения дежи, мин <sup>-1</sup> . . . . .	5,9	6,46
Масса машины без дежи, кг . . . . .	553	662

Поскольку на хлебозаводах в настоящее время эксплуатируется большое число таких машин, следует обратить внимание на возможность реконструкции месильной лопасти и приводной части машины с целью интенсификации замеса. Модернизация машин «Стандарт», проводимая в течение нескольких лет, не коснулась изменения самого принципа замеса, а заключалась в совершенствовании конструкции отдельных узлов и улучшении их эксплуатационной надежности.

**Тестомесильная машина T1-XT2A** (рис. 12.9) отличается от тестомесильной машины «Стандарт» тем, что вместо червячного привода дежи с помощью червячного венца осуществляется привод плиты, на которой закрепляется дежа. При разработке конструкции достигнуто улучшение санитарных условий работы, некоторое уменьшение массы дежи и удешевление ее изготовления, повышена надежность.

Станина 2 тестомесильной машины T1-XT2A с приводным устройством 3, месильной лопастью 4, маховиком 5 смонтирована на фундаментной плите 1. Дежа имеет откидную крышку 6. В фундаментной плите смонтированы два червячных редуктора. На выходном валу редуктора 8 насажен поворотный стол 9, на котором имеются направляющие 11 для дежи, стойка и фиксатор с педалью 10, упорный кронштейн 7.

При работе дежу накатывают на поворотный стол, центрируют и фиксируют с помощью защелки. Затем закрывают крышку, загружают дежу и включают привод. По окончании замеса крышку поднимают. При этом выключается фрикционная муфта на валу привода месильного органа и затормаживается ее привод, а стол с дежой продолжает вращаться до тех пор, пока специальный упор на плите не коснется конечного выключателя, который отключает электродвигатель. При этом дежа останавливается в положении, удобном для откатывания. С помощью ножной педали освобождают фиксатор и откатывают дежу.

Повысить интенсивность замеса можно за счет изменения конфигурации месильной лопасти, например в виде спирали, Ф- или Г-образного рычага, а также соответствующей реконструкции приводной станции.

**Тестомесильная машина TM-63M** (рис. 12.10) предназначена для замеса специального круглого теста для бараночных и некоторых мучных кондитерских изделий. Относится к тихоходным машинам с двумя Z-образными лопастями, которые при замесе периодически подвергают усиленному механическому воздействию отдельные порции теста.

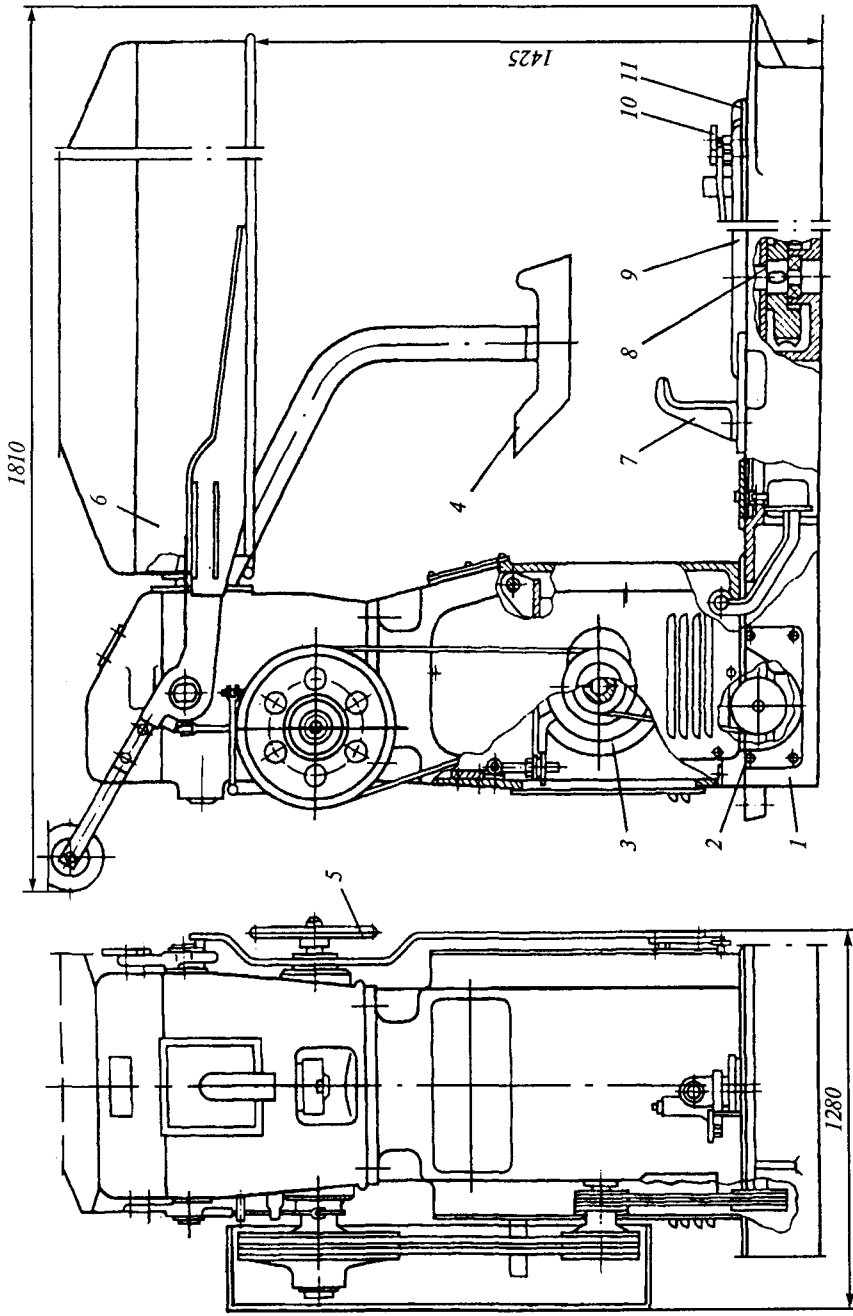


Рис. 12.9. Тестомесильная машина Т1-ХТ2А

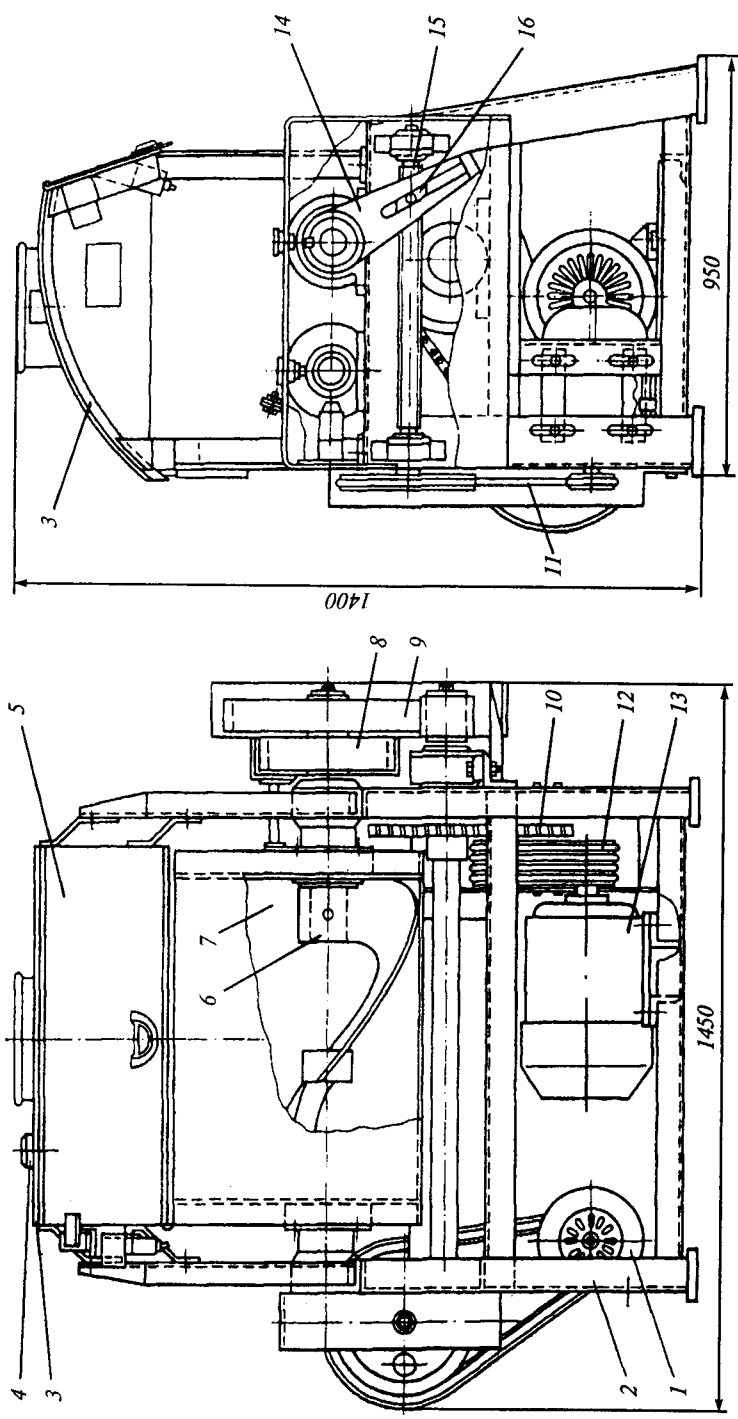


Рис. 12.10. Тестомесильная машина ТМ-63М

Тестомесильная машина ТМ-63М состоит из месильной камеры 7, выполненной в виде соединенных двух полуцилиндрических днищ с наращенными крайними стенками. На торцовых стенках месильной камеры в цапфах закреплены подшипники месильных лопастей 6.

Подшипник передней месильной лопасти опирается через корпус и цапфу на станину 2 тестомесильной машины. Цапфы второго вала свободно опираются на станину. Сверху месильная камера закрыта крышкой 3 с откидной дверкой 5. В первой вмонтированы патрубки 4 для загрузки муки и жидких компонентов. Привод валов месильных лопастей осуществляется от электродвигателя 13 с помощью клиноременной 12, цепной 10 и зубчатых передач 8 и 9.

По окончании замеса привод отключают и включают механизм поворота дежи. Тесто под действием собственного веса выгружается в тестоспуск или на транспортер. Для разгрузки дежи путем опрокидывания служит система механизмов, включающая поводок 14, ходовую гайку с пальцем 16, винт 15, клиноременную передачу 11 и электродвигатель 1.

Рабочий процесс характеризуется однотипностью воздействия на всех трех стадиях замеса. По этой причине хуже всего обстоит дело с организацией смешивания, т. е. первой стадии замеса, которая накладывается по времени на вторую стадию и удлиняет замес. Не совсем удобна выгрузка теста и зачистка от него месильной емкости. В конструктивном отношении применение открытых цепных и зубчатых передач на тестомесильной машине также нельзя признать удачным.

### Техническая характеристика тестомесильной машины ТМ-63М

Производительность, кг/ч . . . . .	900
Продолжительность замеса, мин . . . . .	до 10...12
Установленная мощность электродвигателей, кВт . . . . .	5,1
Частота вращения месильного органа, мин <sup>-1</sup> . . . . .	38
Масса одного замеса, кг . . . . .	150
Габаритные размеры, мм . . . . .	1520×850×1550
Масса, кг . . . . .	800

**Машина РЗ-ХТИ-3** предназначена для интенсивного замеса пшеничного теста с переменным режимом замеса, который обеспечивается путем применения трехскоростного электродвигателя. Машина имеет стационарную корытообразную месильную емкость, которая при разгрузке поворачивается вокруг горизонтальной оси.

Рабочая емкость машины 5 (рис. 12.11) установлена на двух поворотных цапфах 4, которые вмонтированы в поворотные опоры 3, закрепленные на станине 1. Внутри цапф пропущены приводные валы 2, на концах которых в месильной емкости закреплены Г-образные рычаги 6 месильного органа, соединенные между собой вилкообразным рычагом и штангой 7. Привод месильного органа осуществляется от двух приводных электродвигателей 9 через зубчатые редукторы 10. Конструкция месильного органа благодаря применению различных скоростей правого и левого Г-образных рычагов позволяет изменять свое пространственное положение относительно опор.

Загрузка компонентов осуществляется через патрубки, вмонтированные в неподвижной крышке 8. Выгрузка теста осуществляется путем поворота корыта с помощью индивидуального привода. Управление машиной осуществляется автоматически по заданной программе.

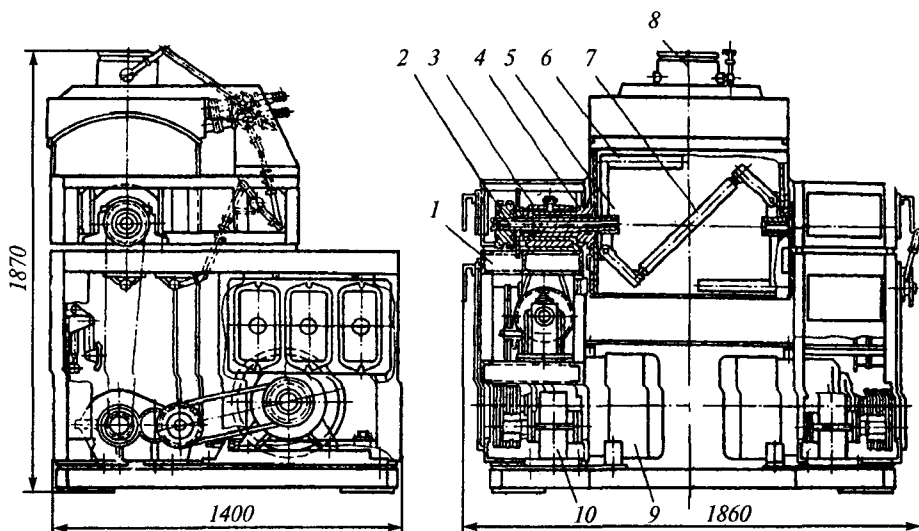


Рис. 12.11. Тестомесильная машина РЗ-ХТИ-3

Замес теста в машине осуществляется следующим образом. Г-образные рычаги попеременно в течение половины оборота перемещаются параллельно цилиндрической части месильной емкости на небольшом расстоянии от нее, за один оборот обрабатывается сравнительно небольшая масса теста, но при этом возникают большие нагрузки на валу месильной лопасти. В последующие пол-оборота над цилиндрической частью днища проходит углом соединение штанги с шарнирным рычагом и перемешивает массу иным образом, однако воздействие самой цилиндрической штанги на тесто менее значительно даже при дифференциальной скорости ее концов.

К достоинствам машины следует отнести интенсивное воздействие на тесто при замесе, способствующее сокращению брожения теста, автоматическое управление процессом замеса, устройство механизированной разгрузки при периодическом замесе.

### Техническая характеристика тестомесильной машины РЗ-ХТИ-3

Производительность, т/сут . . . . .	23...28
Продолжительность замеса, мин . . . . .	до 3,0
Установленная мощность, кВт . . . . .	21
Частота вращения месильного органа, мин <sup>-1</sup> . . . . .	60; 90; 120
Вместимость месильной камеры, м <sup>3</sup> . . . . .	0,35
Габаритные размеры, мм . . . . .	1860×1400×1870
Масса, кг . . . . .	800

**Инженерные расчеты.** Производительность тестомесильных машин периодического действия  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = \lambda V \rho / (\tau_3 + \tau_b),$$

где  $\lambda$  — коэффициент использования объема дежи;  $\tau_b$  — время для совершения вспомогательных операций, с;  $\tau_3$  — время, необходимое для замеса теста, с;  $V$  — вместимость месильной камеры, м<sup>3</sup>;  $\rho$  — плотность теста, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность электродвигателя привода тестомесильных машин периодического действия  $N_{дв}$  (кВт)

$$N_{дв} = (N_1 + N_2) / \eta,$$

где  $N_1$  — мощность, необходимая для вращения месильного органа при замесе теста, кВт;  $N_2$  — мощность, необходимая для вращения дежи, кВт;  $\eta$  — КПД привода;

$$N_1 = 4 \cdot 10^{-4} \lambda V \rho R \omega_1 g,$$

где  $\omega_1$  — угловая скорость месильного органа, рад/с;  $R$  — радиус вращения центра лопасти, м,

$$N_2 = 10^{-3} g (G_d + C_T) f r_4 \omega_2,$$

здесь  $f$  — коэффициент трения вала дежи в опорах;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения;  $G_d$  — масса дежи, кг;  $G_T$  — масса теста в деже, кг;  $r_4$  — радиус цапфы, м;  $\omega_2$  — угловая скорость дежи,  $\text{с}^{-1}$ .

**Тестомесильные машины непрерывного действия** обычно имеют стационарную месильную емкость и расположенные в ней вращающиеся или совершающие круговое движение месильные органы. Интенсивность замеса в них может быть повышена за счет применения тормозных лопастей или выступов на стенках месильной камеры.

**Тестомесильная машина Х-12Д** (рис. 12.12) относится к тихоходным однокамерным машинам и предназначена для замеса пшеничного и ржаного теста.

Машина состоит из полуцилиндрической месильной емкости 5, в центре которой расположен месильный вал 4 с лопатками 3. Сверху корпус закрывается откидной крышкой. Мука подается в машину через прямоугольный патрубок 1, оборудованный двумя емкостными датчиками уровня 7. Дозируется мука роторным питателем, приводимым в движение от главного вала кривошипно-шатунным механизмом 10 и клиновым фрикционным храповиком 9. Над питателем установлен ворошитель 8, совершающий качательное движение через систему рычагов. Для наблюдения за работой дозатора муки служит окно 2. Выходит тесто из машины через патрубок 6. Привод машины осуществляется от электродвигателя 13 через редуктор 12 и зубчатую передачу 11. На передней панели расположены четыре качающихся крановых дозатора жидких компонентов.

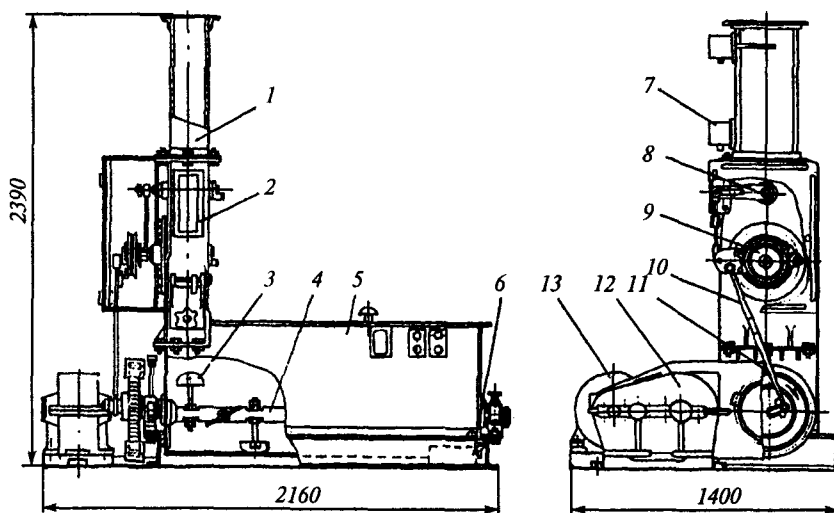


Рис. 12.12. Тестомесильная машина Х-12Д

Работает машина следующим образом. Все компоненты малыми дозами от дозаторов подаются непрерывно в переднюю часть корыта, отделенного порогом, перемешиваются лопатками 3 с наклонной поверхностью и проталкиваются вдоль корыта. По мере продвижения массы до патрубка 6 она перемешивается и пластифицируется.

Очистка машины производится без разборки, что весьма неудобно. Недостатками машины являются слабый промес теста, значительные колебания состава из-за ненадежной работы дозирующих систем и отсутствие устройств для регулирования скорости вращения месильного вала и длительности замеса.

Предельная частота вращения месильного вала ограничена 48 об/мин, а интенсивность механического воздействия — усилием, которое образуется в результате трения теста о стенки месильной камеры. Поэтому в данном случае невозможно повысить интенсивность замеса путем увеличения частоты вращения. Однако если уменьшить рабочую площадь месильных лопаток или на стенке месильной емкости установить тормозные лопатки или штыри, то можно повысить частоту вращения и интенсивность замеса.

### Техническая характеристика тестомесильной машины Х-12Д

Производительность, т/сут . . . . .	15...20
Установленная мощность, кВт . . . . .	3
Частота вращения месильных валов, мин <sup>-1</sup> . . . . .	48
Габаритные размеры, мм . . . . .	2160×1400×2390
Масса, кг. . . . .	780

Машина непрерывного действия марки ШМ-1М (рис. 12.13) со стационарной емкостью и горизонтальной осью вращения месильного органа предназначена для получения пластичного теста из муки и эмульсии. В патрубок 8 камеры 7 предварительного смешивания дозаторами подается мука и эмульсия. В камере вращается вал 5 с секторными месильными лопастями 6. Цепь 3 сообщает вращение валу 5 от вала 2.

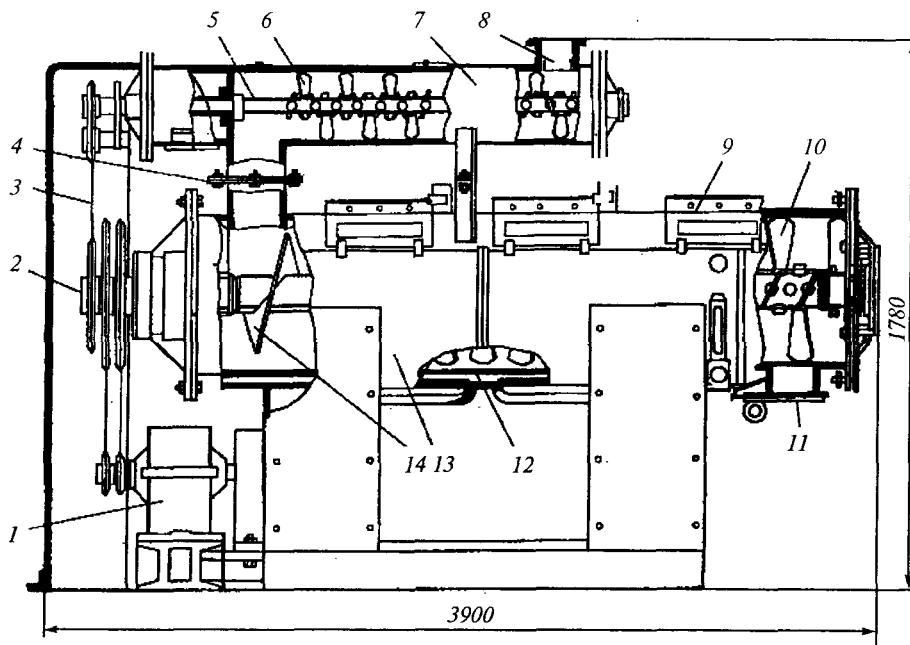


Рис. 12.13. Месильная машина ШМ-1М непрерывного действия

Благодаря развороту месильных лопастей смесь в камере продвигается к патрубку 4 и поступает в камеру 13 окончательного смешения на виток шнека 14. Камера 13 имеет рубашку 12 из двух частей. Это позволяет создавать нужный температурный режим в начале и конце замеса. Лопасти 10 образуют две винтовые линии с углами  $(0,2...0,25)\pi$  рад к оси вала. Каждая пара лопастей повернута по отношению к соседней на угол  $90^\circ$ . Вал 2 приводится в движение от электродвигателя 1. В камере окончательного смешивания получается готовое тесто.

Продолжительность замеса регулируется шибером 11. При прикрытии шибером выпускного отверстия продолжительность замеса теста увеличивается. Через отверстия с крышками 9 производится очистка камер по окончании работы. При их открывании обесточивается приводной электродвигатель. В рассмотренной машине смешиваются два компонента сахарного теста: эмульсия и мука. Эти компоненты подаются объемными дозаторами.

### Техническая характеристика месильной машины ШМ-1М

Производительность, кг/ч . . . . .	900...1300
Угловая скорость месильного органа, рад/с:	
в камере предварительного смешивания . . . . .	2,5...5,8
в камере окончательного смешивания . . . . .	0,8...1,8
Установленная мощность, кВт . . . . .	10
Габаритные размеры, мм . . . . .	3900×985×1780
Масса, кг . . . . .	2315

**Лопастной вибросмеситель марки ШВС** (рис. 12.14, а) предназначен для смешивания компонентов рецептурной смеси в кондитерском производстве.

Месильная камера 7 с кронштейнами 8 и противовесом 11 образует жесткую конструкцию с вибратором 10 посередине. Основу вибратора составляет вал с дисбалансами. Вся система покоится на пружинах 9. Частота колебания месилки равна частоте вращения вала с дисбалансами. Спиральные пружины смягченную вибрацию передают на станину 12. Внутри камеры 7 в противоположные стороны вращаются валы с лопастями, которые приводятся от электродвигателя 2 через редуктор 3. Привод вибратора осуществлен от электродвигателя 1. Валы с лопастями и вибратор с приводами соединены муфтами, представляющими собой резинотканевый шланг 4, зажатый с двух сторон хомутами. Камера снабжена крышкой 6 и воронкой 5.

Схема вибросмесителя приведена на рис. 12.14, б, а конструкция месильной камеры — на рис. 12.14, в. Валы 1 и 2, расположенные в месильной камере 7, имеют лопасти 6, установленные под углом к валам. Для устранения попадания масла в камеру из подшипникового узла 3 установлены сальники 5 с нажимной втулкой 4. В этой месильной машине амплитуда колебаний изменяется путем изменения дисбаланса.

### Техническая характеристика лопастного вибросмесителя типа ШВС

Производительность, кг/ч. . . . .	650
Угловая скорость месильного органа, рад/с . . . . .	18
Установленная мощность, кВт. . . . .	3,8
Габаритные размеры, мм . . . . .	2400×480×1200
Масса, кг . . . . .	2315



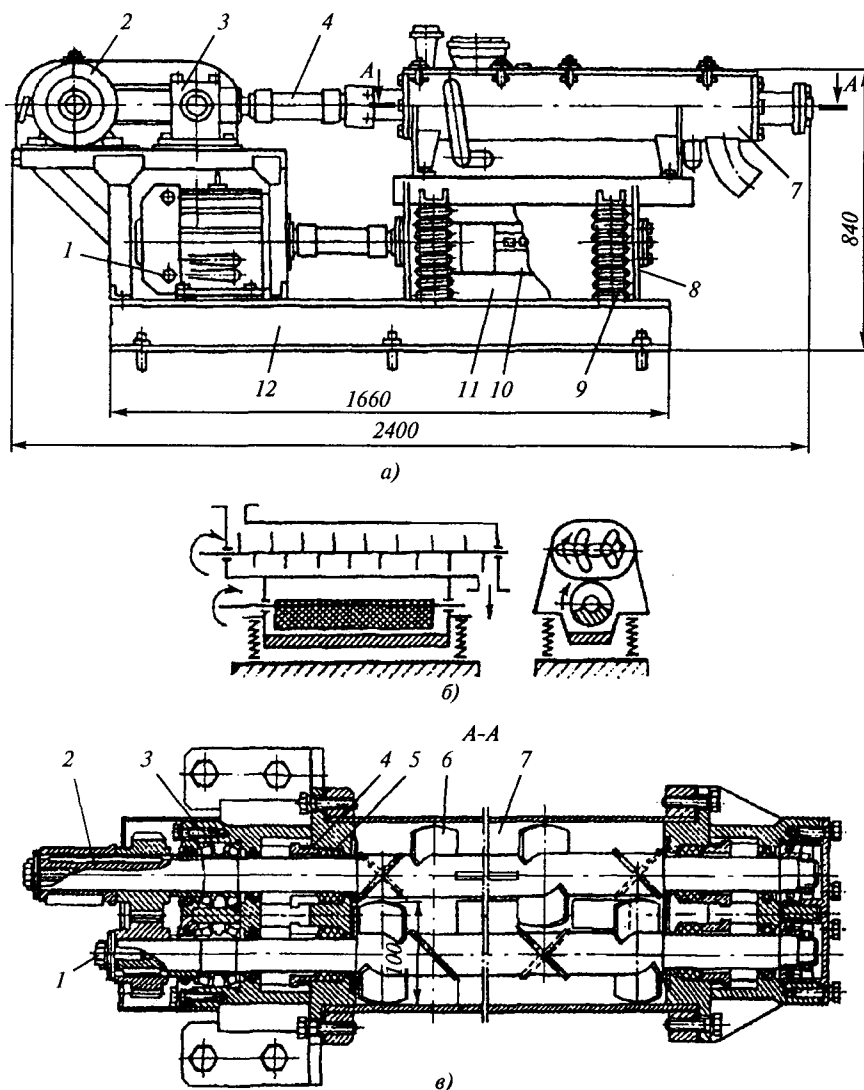


Рис. 12.14. Лопастной вибросмеситель типа ШВС:  
а — общий вид; б — схема; в — месильная камера

**Машина РЗ-ХТО** (рис. 12.15) относится к двухкамерным тестомесильным машинам с повышенным механическим воздействием на тесто в зоне пластификации.

Машина имеет две отдельные камеры: смешения и пластификации. В камере смешения 4 расположены две месильные лопасти б, на концах которых установлены винтовые шнеки, а между ними — спиральная образующая. Подача муки в камеру смешения производится через патрубок 2, жидких компонентов — через патрубок 1. Патрубок 3 служит для возврата в машину дефектного теста. Привод валов смесите-

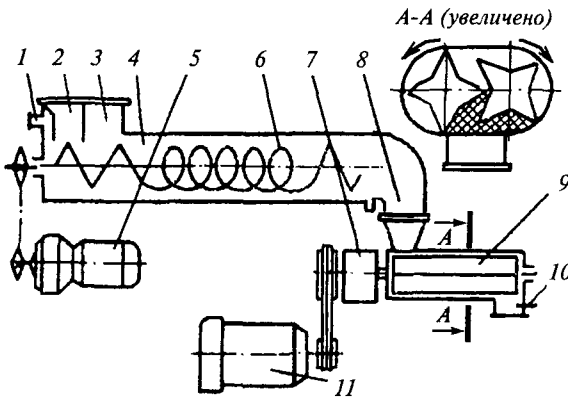


Рис. 12.15. Схема тестомесильной машины РЗ-ХТО:

1 — патрубок для подачи жидких компонентов, 2 — патрубок для муки, 3 — патрубок для густых компонентов, 4 — камера смешения, 5 — мотор-редуктор, 6 — месильная лопасть, 7 — редуктор, 8 — переходный патрубок, 9 — пластификатор, 10 — термометр, 11 — электродвигатель

звездообразными валками, вращающимися в разные стороны и работающими по принципу шестеренчатого насоса. В зоне сжатия (на рис. 12.15 заштрихована) давление теста повышается до  $3 \cdot 10^5$  Па, а температура теста — на  $10 \dots 15$  °С. Для изменения степени проработки теста в пластификаторе в схеме машины предусмотрена установка тиристорного преобразователя частоты, позволяющая плавно изменять обороты вала пластификатора.

Общий вид машины приведен на рис. 12.16. Станина машины собрана из чугунных плит 1, 3, 4, 15, которые скреплены с чугунными корпусами редуктора 5 и смесительной камеры 9. На плите 1 укреплен электродвигатель 2, а на плите 3 — мотор-редуктор 5, натяжной ролик 16 и редуктор 14. Для удобства очистки камера предварительного смешения снабжена откидной крышкой 7 с петлями и винтовыми зажимами 8. Для облегчения открывания крышки ее петли снабжены устройством, компенсирующим массу крышки. Загрузочная воронка имеет боковые дверки 6, открытие которых облегчают доступ для очистки смесительной камеры. Крышки и дверки снабжены резиновыми уплотнителями, герметизирующими место разъема.

Подобную откидную крышку имеет и камера пластификатора 10. Помимо этого имеется винтовое устройство 12, позволяющее выводить рабочие органы пластификатора из камеры 11. Для удобства очистки и промывки смонтирован лоток 13.

Тестомесильная машина РЗ-ХТО обеспечивает интенсивный замес теста, улучшающий качественные показатели готовых изделий, и открывает широкие возможности применения новых прогрессивных технологических схем, сокращающих длительность цикла брожения теста перед разделкой.

Следует, однако, обратить внимание на то, что в настоящей машине процесс смешения объединен со второй фазой замеса, поэтому требует значительного расхода энергии. Пластификация теста за счет сжатия до  $3 \cdot 10^5$  Па нуждается в уточнении, поскольку сжатие между параллельными ребрами валков для придания продольного перемещения сопровождается повышенным нагревом теста и является нежелательным.

для осуществлен от мотора-редуктора 5 мощностью 2,2 кВт. В конце камеры смешения тесто поступает в переходный патрубок 8 и далее в пластификатор 9, или камеру интенсивной проработки месильными валами (конфигурация валов показана на разрезе А-А), приводимыми во вращение от электродвигателя 11 через редуктор 7. На выходе из камеры установлен термометр 10 для контроля температуры теста.

В камере пластификации осуществляется интенсивная механическая обработка теста путем продавливания его между

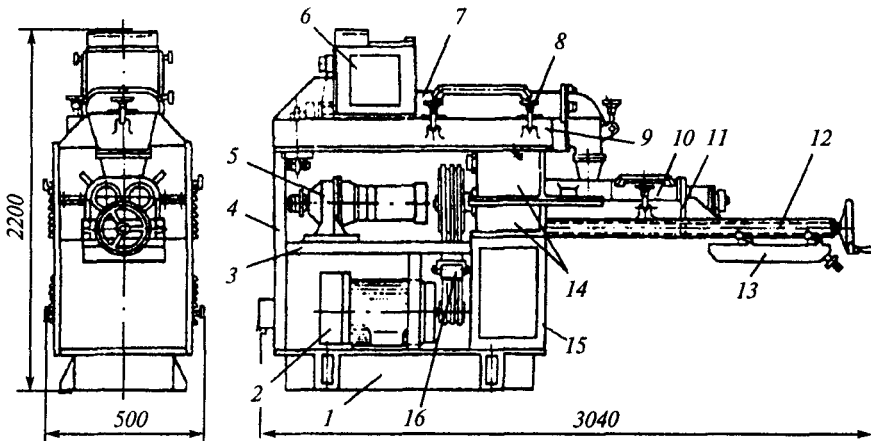


Рис. 12.16. Тестомесильная машина РЗ-ХТО

### Техническая характеристика тестомесильной машины РЗ-ХТО

Производительность, т/сут . . . . .	до 10
Установленная мощность, кВт . . . . .	17
Частота вращения месильного органа, об/мин . . . . .	50...150
Габаритные размеры, мм . . . . .	3040×500×2200
Масса, кг . . . . .	450

**Инженерные расчеты.** Производительность тестомесильных машин непрерывного действия  $\Pi$  (кг/с)

$$\Pi = z[\pi(D_n^2 - d_b^2) / 240] S n \rho k_1 k_2 k_3,$$

где  $z$  — количество валов, шт.;  $D_n$  — наружный диаметр лопастей, м;  $d_b$  — диаметр вала, м;  $S$  — шаг лопастей, м;  $n$  — частота вращения вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\rho$  — плотность теста,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_1$  — коэффициент подачи, зависящий от формы лопаток и их расположения на валу;  $k_2$  — отношение суммарной площади лопастей к винтовой поверхности того же диаметра и шага;  $k_3$  — коэффициент, учитывающий площадь сечения, образуемую пересечением траекторий движения лопастей (для одновальной машины  $z = 1$ ,  $k_3 = 1$ , для двухвальной машины  $z = 2$ ,  $k_3 = 0,55 \dots 0,70$ ).

Вместимость месильной камеры для машин непрерывного действия  $V_n$  ( $\text{м}^3$ )

$$V_n = \Pi \tau_3 / (\rho k'_1),$$

где  $\tau_3$  — время, необходимое для замеса теста, с;  $k'_1$  — коэффициент заполнения месильной камеры ( $k'_1 = 0,6 \dots 0,7$ ).

Мощность, необходимая для вращения месильного органа при замесе теста в тестомесильных машинах непрерывного действия,  $N$  (кВт)

$$N = [(P_0 v_0 + P_p v_p) / 1000 \eta] m,$$

где  $P_0$  и  $P_p$  — соответственно осевая и радиальная составляющие равнодействующей сил сопротивления, действующих на лопасть, Н;  $v_0$  и  $v_p$  — соответственно осевая и окружная скорость движения точки приложения равнодействующей сил сопротивления, действующих на лопасть, м/с;  $m$  — число лопастей в тестомесильной машине, шт.;  $\eta$  — КПД привода ( $\eta = 0,83 \dots 0,92$ );

$$P_0 = F[R\rho\text{tg}^2(45 + \gamma/2) + 2c \cdot \text{tg}(45 + \gamma/2)](\sin\alpha - \mu \cos\alpha),$$

где  $F = ab$  — площадь лопасти, погруженной в тесто,  $\text{м}^2$ ;  $a, b$  — ширина и высота лопатки,  $\text{м}$ ;  $R$  — радиус вращения центра лопасти,  $\text{м}$ ;  $\rho$  — плотность теста,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c$  — удельное сопротивление теста с материалом лопасти,  $\text{Па}$ ;  $\gamma$  — угол внутреннего трения теста;  $\mu$  — коэффициент трения теста о лопасть;  $\alpha$  — угол наклона лопасти к оси вращения,  $\text{град}$ ;

$$P_p = F[R\rho\text{tg}^2(45 + \gamma/2) + 2c \cdot \text{tg}(45 + \gamma/2)](\cos\alpha - \mu\sin\alpha).$$

$$v_0 = v_p \cos\alpha \sin\alpha,$$

$$v_p = \omega R.$$

Площадь поперечного сечения корыта  $\Phi$  ( $\text{м}^2$ )

$$\Phi = \pi B^2 / 2 + (H - B / 2),$$

где  $B, H$  — ширина и высота корыта,  $\text{м}$ ;  $V$  — объем корыта,  $\text{м}^3$ .

Длина корыта  $L$  ( $\text{м}$ )

$$L = V / \Phi.$$

Производительность месильной лопастной машины непрерывного действия  $\Pi$  ( $\text{кг}/\text{ч}$ ) определяется формулой

$$\Pi = 1435\varphi\rho(b/H)jD^3\omega\sin 2\alpha,$$

где  $\varphi$  — коэффициент подачи (для сахарного теста  $\varphi = 0,20 \dots 0,22$ );  $\rho$  — плотность массы,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (для теста  $\rho = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ );  $b$  — ширина лопасти,  $\text{м}$ ;  $H$  — шаг лопастей,  $\text{м}$ ;  $j$  — число лопастей;  $D$  — наружный диаметр лопастей,  $\text{м}$ ;  $\omega$  — угловая скорость вала лопастей,  $\text{рад}/\text{с}$ ;  $\alpha$  — угол разворота лопастей к осевой линии вала,  $\text{рад}$ .

## 12.5. МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНООБРАЗНЫХ МАСС

**Взбивальная машина периодического действия марки МВ-35** с вертикальной осью вращения взбивального органа (рис. 12.17) применяется для взбивания сливок, яиц, кремов и других кондитерских масс, а также для замешивания сахарных сортов теста для венских изделий и бисквита.

В литой чугунной станине находится привод взбивателя и механизм подъема бачка. Привод взбивателя состоит из электродвигателя 2, ременного вариатора, зубчатой передачи и планетарного механизма. Электродвигатель установлен на кронштейне, который может перемещаться относительно станины, что обеспечивает возможность регулирования натяжения ремня вариатора при изменении частоты вращения взбивателя.

Вариатор состоит из двух шкивов с раздвижными конусными дисками, специального вариаторного ремня 3 и механизма регулировки. Нижний диск ведущего шкива 4 укреплен на валу электродвигателя неподвижно, а верхний (поджатый пружиной) может перемещаться относительно нижнего. В ведомом шкиве 5 верхний диск неподвижно закреплен на валу 6 зубчатой передачи, а нижний может перемещаться под действием вилки 7 и винта с маховиком 8 механизма регулировки. При вращении маховика по часовой стрелке диски ведомого шкива сближаются и диаметр рабочей поверхности шкива увеличивается. Одновременно ремень, преодолевая давление пружины, раздвигает диски ведущего шкива, благодаря чему диаметр его рабочей поверхности уменьшается. Частота вращения взбивателя при этом уменьшается. При вращении маховика против хода часовой стрелки частота вращения

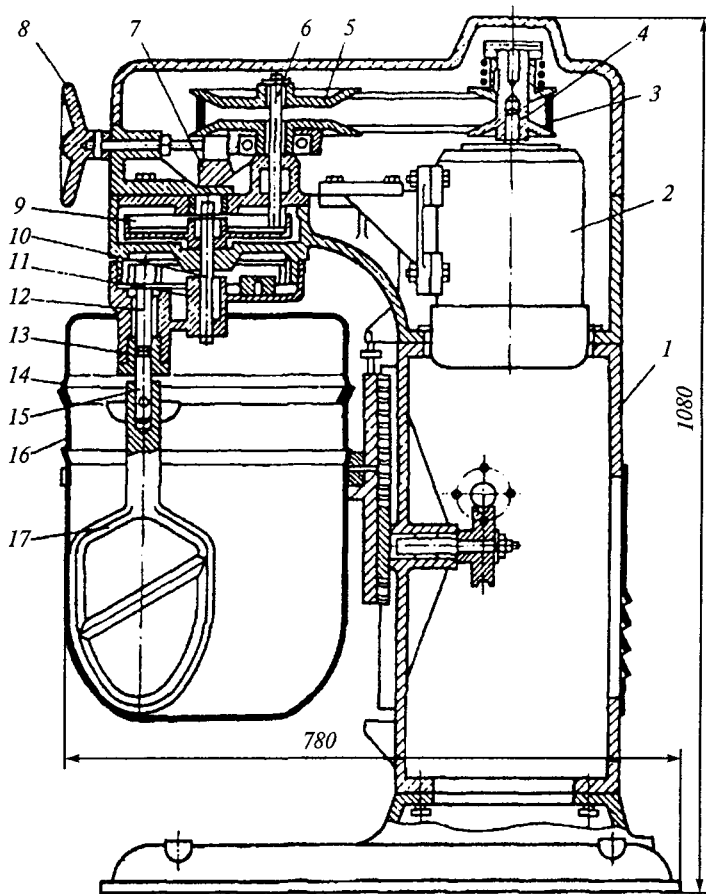


Рис. 12.17. Взбивальная машина марки МВ-35

взбивателя увеличивается. Вращение от ведомого шкива через вал-шестерню и зубчатое колесо 9 передается на вал 10 планетарного механизма 12, ось которого совпадает с осью бачка 16. В корпусе 13 планетарного механизма находится вал 15 взбивателя 17 с шестерней. При вращении корпуса шестерня обкатывается по неподвижному зубчатому колесу 11 с внутренними зубьями и взбиватель совершает сложное движение: вращается с большой частотой вокруг своей оси и медленно вокруг оси бачка. Вал взбивателя уплотнен на выходе каркасным сальником и войлочным кольцом.

В зависимости от вида взбиваемого продукта применяется один из четырех венчиков: замкнутый, крючкообразный, четырехлопастный и прутковый (рис. 12.18).

Взбиватель (венчики) 17 крепится на конце вала штифтом. На бачке устанавливается обечайка 14, предотвращающая разбрызгивание взбиваемых продуктов. Бачок крепится на кронштейне, который может перемещаться по вертикальным направляющим станины 1 при помощи червячной пары, шестерни и рейки. Подъем и опускание бачка осуществляется вручную маховичком (см. рис. 12.17).

**Кремозбивальная машина** (рис. 12.19) предназначена для взбивания сливок, яиц, кремов и других кондитерских масс, а также для замешивания сахарных сортов теста.

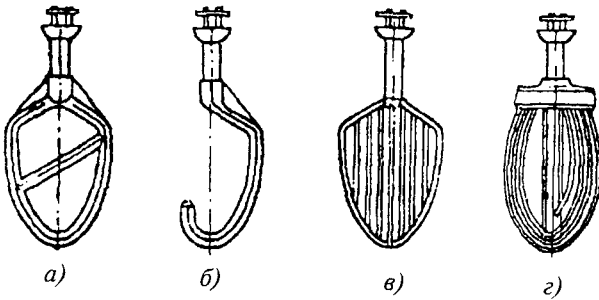


Рис. 12.18. Взбиватели машины МВ-35:  
а — замкнутый; б — крючкообразный; в — четырехлопастный;  
г — прутковый

Она отличается от машины МВ-35 приводным механизмом, траекторией движения взбивальной лопасти и размерами.

Электродвигатель 1 присоединен непосредственно к вариатору скоростей 2. С ведомого вала вариатора движение передается через коническую передачу 4 валу 5, связанному тягой 6 с качающимся валиком 7 в шаровой опоре 8. К нижнему концу качающегося валика

при помощи накидного кольца 9 присоединяется взбивальная лопасть 10.

Емкость устанавливается на кольцо 12 подъемного приспособления и закрепляется двумя захватами 11. Кольцо может подниматься или опускаться при помощи ручки 13, которая катит шестерню по зубчатой рейке 14.

Взбивальная лопасть вращается вокруг своей оси, а для воздействия на все точки продукта, находящегося в емкости, лопасть отклоняют от вертикальной оси. Для изменения наклона лопасти служит рычаг 3. При повороте рычага вправо наклон вали-

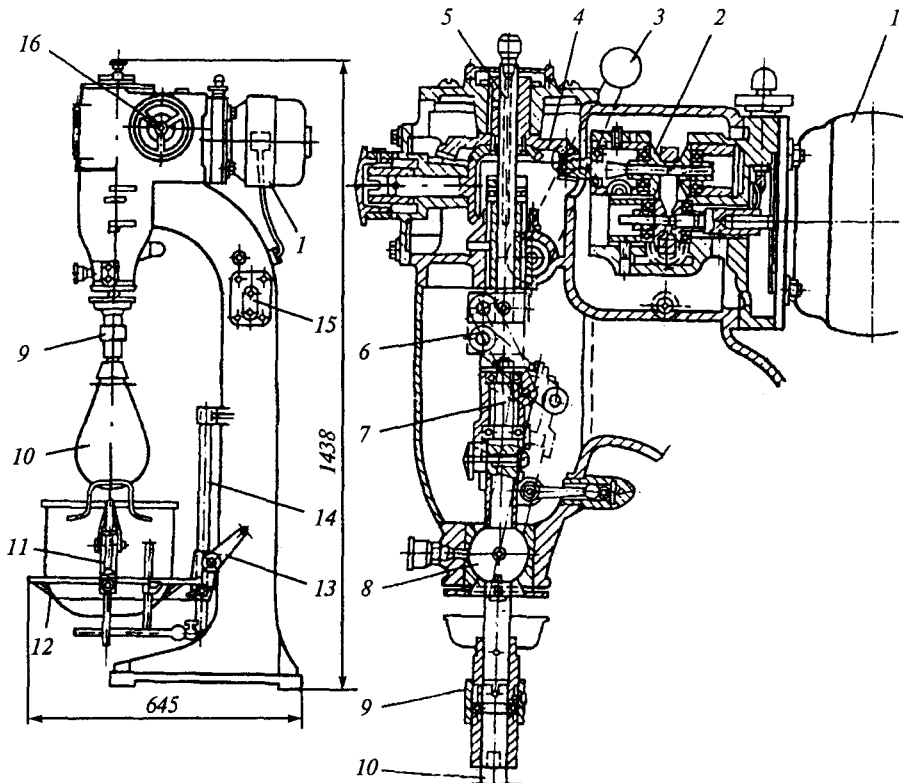


Рис. 12.19. Кремвзбивальная машина

ка 7, а следовательно, и лопасти уменьшается, а при повороте влево — увеличивается. Маховиком 16 регулируют при помощи вариатора 2 угловую скорость лопасти от 8 до 40 рад/с. Для включения электродвигателя служит пусковая кнопка 15.

**Взбивальный агрегат непрерывного действия ШЗД** (рис. 12.20) предназначен для приготовления зефирной массы на крупных кондитерских фабриках. Он состоит из двухкорпусного смесителя и роторной взбивальной машины.

Вначале непрерывным способом готовится рецептурная смесь. Для этого в воронку верхней камеры 5 смесителя из сборника 2 при помощи плунжерного насоса-дозатора 3 подается уплотненное яблочное пюре с содержанием сухих веществ 15 % и температурой 15...20 °С. В эту же камеру ленточным дозатором 4 непрерывно подается сахар-песок в пропорции 1:1 к пюре. В верхней камере происходит растворение сахара в пюре.

Сахаро-яблочная смесь из верхней секции смесителя самотеком поступает в нижнюю секцию 6. В нижнюю секцию при помощи плунжерных насосов-дозаторов непрерывно подается сахаро-агаро-паточный сироп в пропорции 1:1 (агаровый сироп к сахаро-яблочной смеси) из сборника 1 с водяным обогревом; температура сиропа около 80 °С, содержание сухих веществ 84...85 %. В эту камеру малогабаритным насосом-дозатором непрерывно подается белок, а дозатором 7 — суспензия из эссенции, красителя и кристаллической кислоты. Готовая рецептурная смесь с содержанием сухих веществ 71...73 % при температуре 50...53 °С самотеком поступает в сборник 8, а оттуда при помощи шестеренного насоса 9 подается в роторную взбивальную машину 10 непрерывного действия. Сюда же подается сжатый воз-

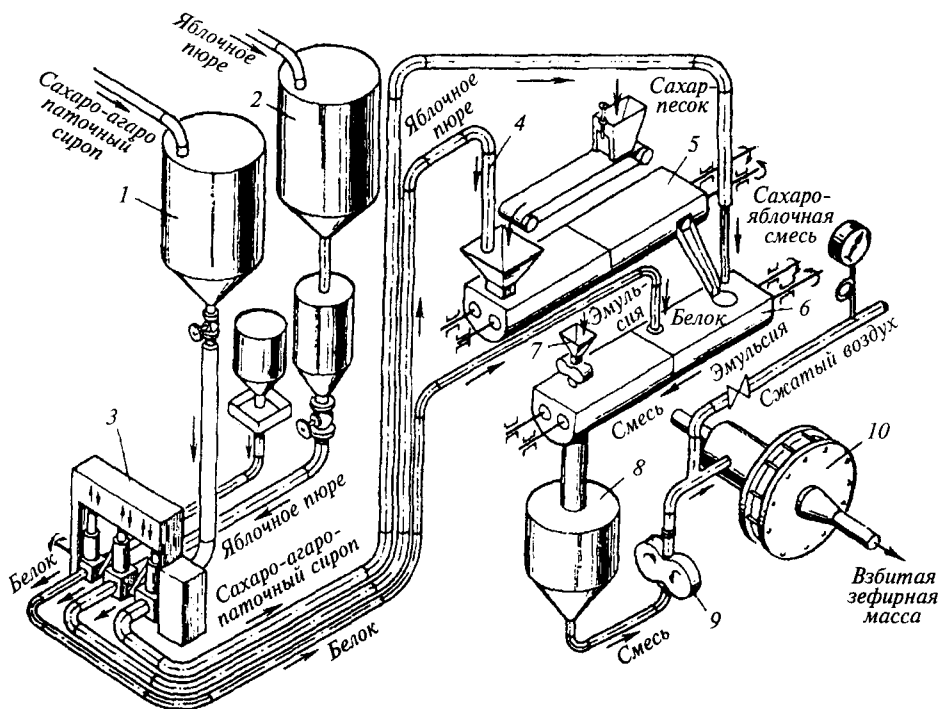


Рис. 12.20. Взбивальный агрегат непрерывного действия для пастилы ШЗД

дух под давлением 0,4 МПа, предварительно очищенный от механических примесей и масла. Техническая характеристика взбивального агрегата непрерывного действия ШЗД представлена в табл. 12.2.

**Роторная взбивальная машина** (рис. 12.21) состоит из ротора 7, герметичной взбивальной камеры 5, двух неподвижных статоров 9. Ротор 7 диаметром 348 мм получает вращение от шкива 1 через вал 2. В герметичную взбивальную камеру 5 с водяной рубашкой 11 и патрубками для воды 6 и 12 через боковой штуцер 3 (показан пунктиром) подается готовая рецептурная смесь. Туда же через патрубок 4 поступает воздух. Рецептурная смесь и воздух попадают в пространство между ротором 7 и двумя неподвижными статорами 9, укрепленными на стенках 8 взбивальной камеры. На внутренней стороне каждого статора имеются зубья, расположенные концентрическими кругами. Между зубьями статоров расположены зубья ротора. Размеры зубьев выполнены такими, что образуется кольцевой канал извилистой формы шириной 1 мм. Насыщенная воздухом масса выходит через отверстие 10. Оказавшись при атмосферном давлении, пузырьки воздуха расширяются, в результате плотность массы значительно уменьшается. Ротор вращается с частотой 300...450 об/мин. Техническая характеристика роторной взбивальной машины представлена в табл. 12.2.

Таблица 12.2. Техническая характеристика взбивальных машин

Показатель	Тип машины		
	кремовзбивальная	МВ-35	взбивальный агрегат ШЗД
Производительность, кг/ч	—	—	600
Угловая скорость рабочего органа, рад/с	8,38...41,8	6,28...44	31...45
Объем емкости, дм <sup>3</sup>	20	35	—
Потребная мощность, кВт	0,37	0,8	11
Габаритные размеры, мм	645×570× ×1445	780×534× ×1080	3710×3500× ×3245
Масса машины, кг	75	257	273

**Тянульные машины** насыщают карамельную массу воздухом так, что воздух в карамельной массе находится в мельчайших воздушных пузырьках. При этом процессе карамельная масса теряет прозрачность и приобретает красивый шелковистый вид.

Тянульная машина является составной частью линии, производящей непрозрачную карамель. В последнее время она в дополнение к прежним функциям применяется для смешивания карамельной массы с красящими и ароматизирующими веществами в поточной линии производства непрозрачной карамели.

**Тянульная машина с вращательным движением пальцев марки Ж7-ШТП** (рис. 12.22) предназначена для интенсивного насыщения карамельной массы пузырьками воздуха и смешивания ее с рецептурными добавками.

Машина состоит из станины 1, на которой закреплены мотор-редуктор 2, коробка зубчатых передач, поддон 4, неподвижный палец 5 со съемником 6 и два подвижных кольца 9. Мотор-редуктор соединен с коробкой зубчатых передач цепной передачей 11. Подвижные пальцы закреплены на рычагах 10, смонтированных на горизонтальных выходных валах 8 коробки зубчатых передач (рис. 12.22, а).



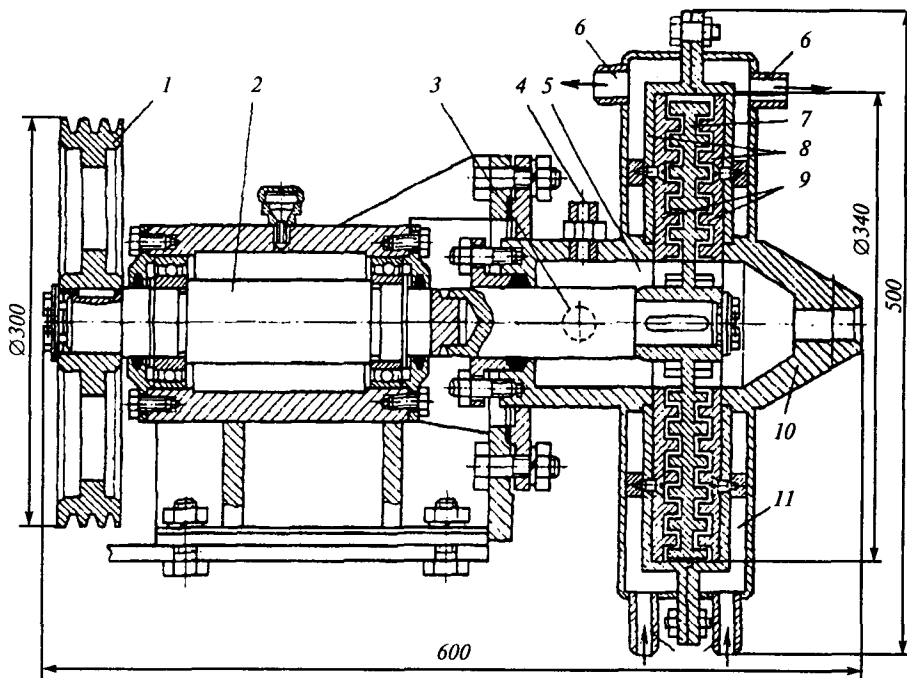


Рис. 12.21. Роторная взбивальная машина

Машина снабжена натяжным устройством 7 для монтажа подающего конвейера и роликом 12 для установки ленты отводящего конвейера. Валы машины вращаются в противоположные стороны с одинаковой угловой скоростью.

Тянульная машина работает следующим образом. Карамельная масса загружается в машину конвейером 6 (рис. 12.22, б). Вращающиеся пальцы 1 и 4 и неподвижный 5 растягивают и складывают карамельную массу в виде прядей, насыщая ее воздухом при складывании. При этом благодаря расположению пальцев под углом происходит смещение массы вдоль пальцев к съемнику 3. Насыщенная воздухом масса со свободных концов пальцев 1 и 4 накладывается на съемник 3, а затем с помощью разгрузочного устройства выгружается на отводящий конвейер 2.

Одновременно масса образуется между неподвижным пальцем 3 (рис. 12.22, в) и подвижными пальцами 1 и 2 пряди, которые растягиваются и складываются.

Преимуществом этой машины является отсутствие ручных операций, стабильность качества массы, полное ограждение рабочих органов и наличие блокировки на ограждении.

#### Техническая характеристика тянульной машины Ж7-ШТП

Производительность, кг/ч . . . . .	1000
Частота вращения подвижных пальцев, мин <sup>-1</sup> . . . . .	19
Потребная мощность, кВт . . . . .	3,0
Продолжительность обработки массы, мин . . . . .	1,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	1155×910×1560
Масса, кг . . . . .	660

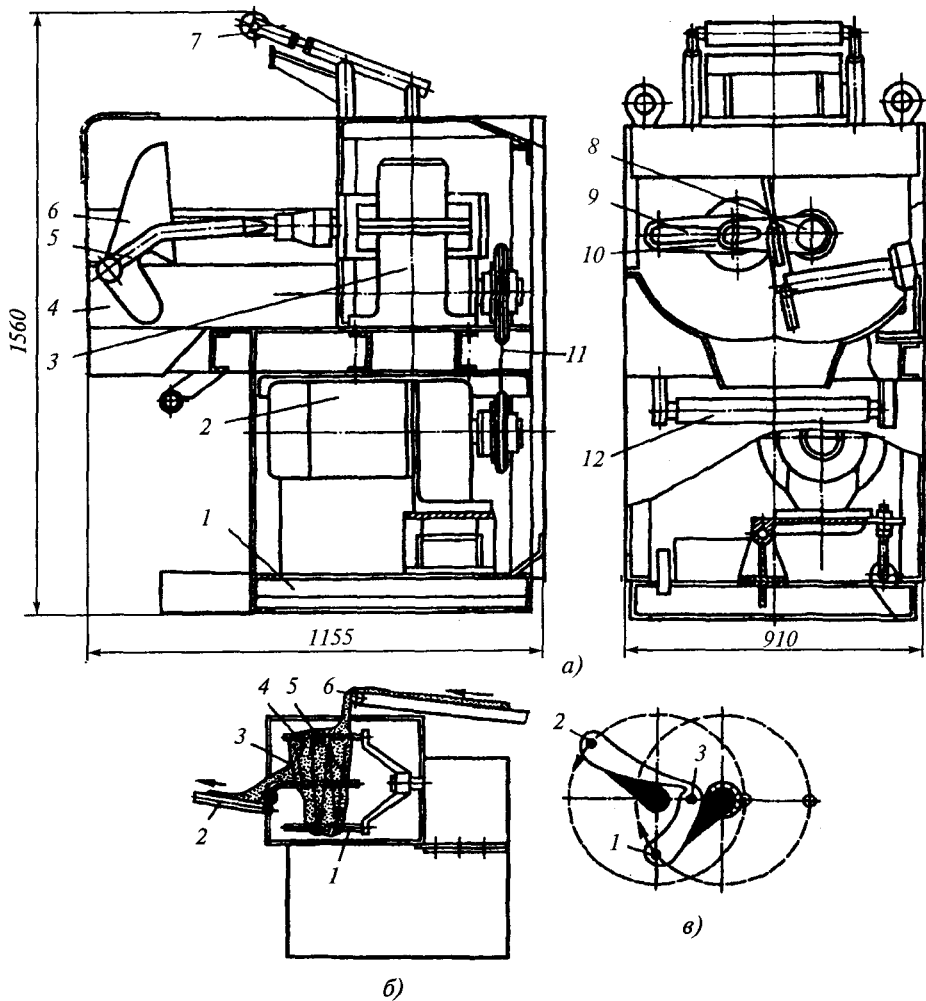


Рис. 12.22. Тянульная машина типа Ж7-ШТП

**Помадосбивальная машина с неохлаждаемым валом ПСМ-250** (рис. 12.23) предназначена для получения помады из горячего высококонцентрированного сахаро-водно-паточного сиропа.

В воронке 15 имеется сетка 16, на которую поступает сироп. Температура сиропа близка к температуре его кипения. Сироп стекает через отверстия сетки цилиндрическими струйками в корпус 13. При свободном падении струйки или капельки охлаждаются воздухом. Вентилятор 18 нагнетает воздух по трубе 17 в канал 14 воронки. Только при низкой температуре воздуха и хорошей работе вентилятора можно получить высококачественную помаду.

Помада — сложный продукт, составные части которого находятся в твердой и жидкой фазах. Составными частями помады могут быть: сахар, патока, вода, молоко и т. д.

Твердая фаза — мелкокристаллический сахар, а жидкая фаза — насыщенный раствор сахара в водном, водно-паточном или другом более сложном растворителе. Соотношение фаз определяет консистенцию помады. Качество помады определяется не только ее консистенцией, но и размерами кристаллов сахара в твердой фазе.

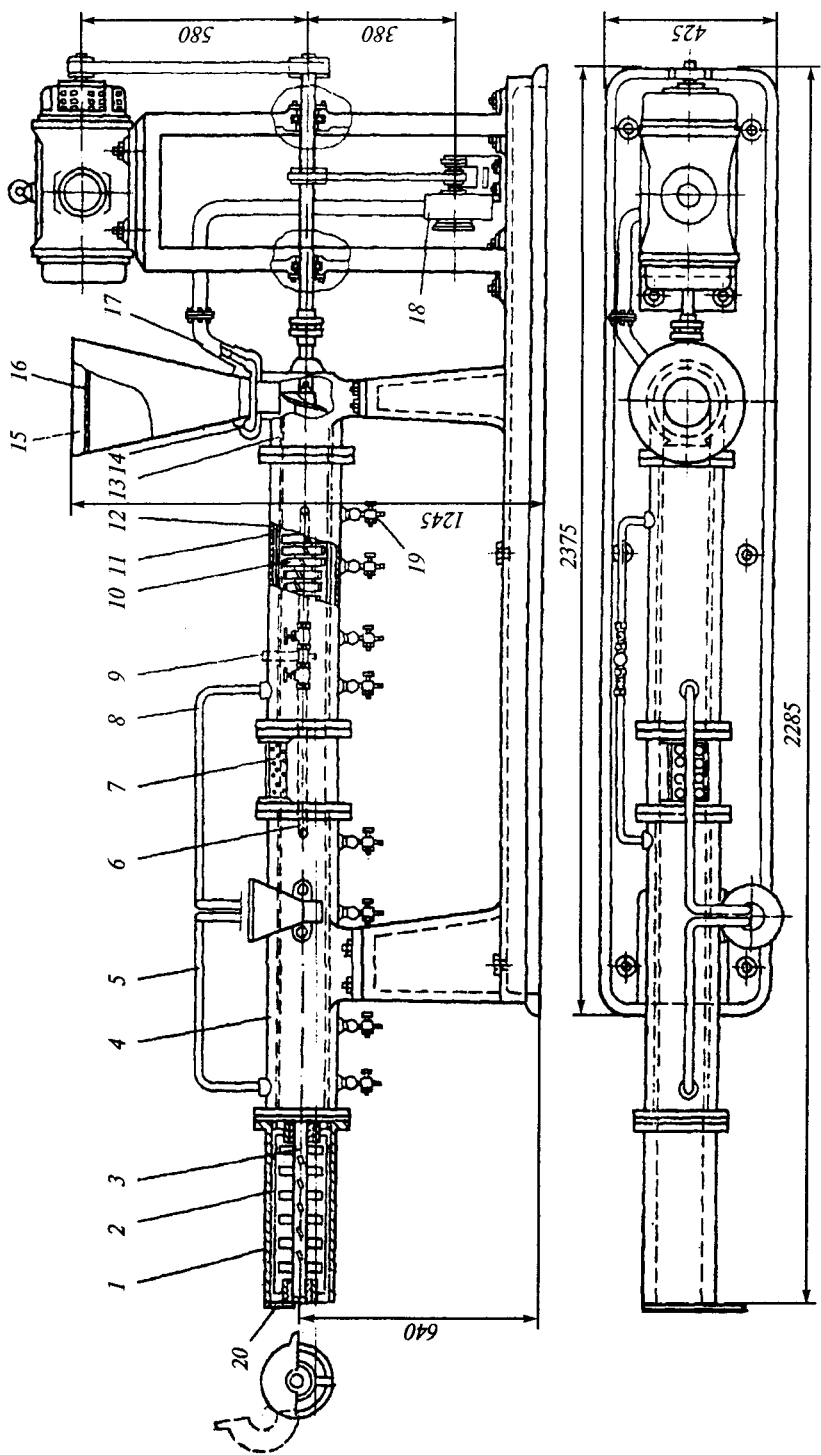


Рис. 12.23. Помодосбивальная машина с неохлаждаемым валом ПСМ-250

Охлажденный сироп попадает в корпус 13 на сбивальные лопасти 10. Они интенсивно сбивают сироп. Это вызывает быстрое образование большого количества центров кристаллизации. В результате образуются мелкие кристаллы. При этом выделяется скрытая теплота кристаллизации, пропорциональная количеству твердой фазы. Кроме того, выделяется теплота при трении лопастей о сироп и сиропа о стенки цилиндра. Для лучшего отвода теплоты стенка 12 камеры сбивания сделана из меди и окружена чугушной охлаждающей рубашкой 11.

По трубе 9 подводится холодная вода, а нагретая отводится по трубам 5 и 8 из верхних точек всех рубашек. Короткая камера 6 не имеет охлаждения. В ее верхней части сделано прямоугольное окно, прикрытое крышкой 7 с отверстиями. Через них может удаляться часть пара, если охлаждение в воронке и камере 12 было недостаточное. При наличии автоматических дозаторов через окно можно вводить красящие и ароматизирующие вещества. В настоящее время автоматические дозаторы отсутствуют, поэтому красители и ароматизирующие вещества добавляют в помаду вручную в отдельных котлах.

В камере 4 от помады отнимается меньше теплоты. Она нагревается. Скорость кристаллизации уменьшается. Часть корпуса 1 не имеет рубашки. В ней кристаллизация идет очень медленно. Левый конец сбивального вала 3 находится в рамке 2. Рамка с валом вынимается из машины. В машине рамку удерживает крышка 20. Готовая помада выходит из нижней части торца корпуса машины. Краны 19 служат для взятия проб воды и спуска воды из рубашек.

Четырехлопастные крыльчатки 6 расположены на валу с поворотом на угол  $28^{\circ} 30'$  через одну крыльчатку. Шаг крыльчаток 40 мм, ширина лопасти 25 мм. Крепление крыльчаток на валу производится шпонками и стопорными винтами на крыльчатках.

Техническая характеристика помадосбивальной машины с неохлаждаемым валом ПСМ-250 приведена в табл. 12.3.

**Помадосбивальная машина с охлаждаемым валом ШАЕ-800** (рис. 12.24). Высокосконцентрированный сахаро-водно-паточный сироп стекает из пароотделителя варочной колонки в невысокую воронку 3 и, не охлаждаясь в ней, попадает в составной четырехсекционный корпус. Каждая секция снабжена медной трубой 4 диаметром 310 мм и толщиной стенки 5 мм, развальцованную в чугушной рубашке 8. Рубашка имеет ребро 7, образующее спиральный канал. Благодаря такой конструкции обеспечивается равномерное омывание трубы водой и более эффективное охлаждение. В начале канала расположен штуцер 13 для ввода воды в рубашку.

Охлаждающая вода поступает к штуцерам 13 по трубе 14. В конце канала через верхний штуцер 9 вода поступает в сливную трубу 12.

Пустотелым сбивальным валом 5 служит труба диаметром 219 мм, к поверхности которой приварены стальные зубчатые полосы 6, образующие четырехзаходный зубчатый шнек. В самом начале, т. е. на участке приема, спиральная полоса не имеет зубцов, что позволяет лучше захватывать сироп и продвигать его вдоль машины. В пустотелый вал охлаждающая вода поступает по трубе 1, а вытекает через сливную воронку 2.

В последней (на рисунке правой) секции для повышения интенсивности сбивания на боковой стенке имеются неподвижные штыри 11. Они входят во впадины зубчатой полосы. Готовая помада выходит через патрубок 10.

Техническая характеристика помадосбивальной машины с охлаждаемым валом ШАЕ-800 приведена в табл. 12.3.

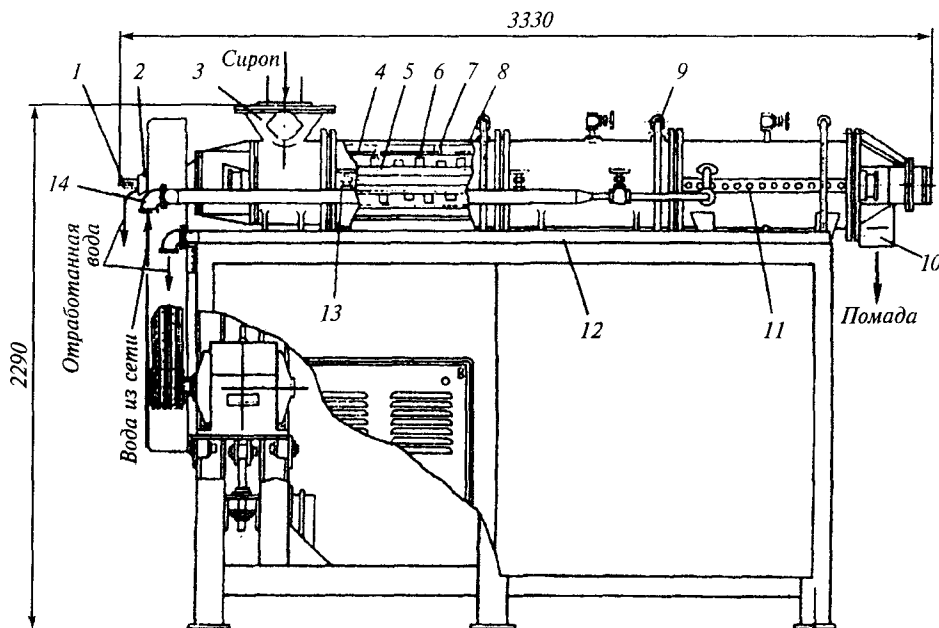


Рис. 12.24. Помодосбивальная машина с охлаждаемым валом ШАЕ-800

Таблица 12.3. Техническая характеристика помодосбивальных машин

Показатель	Тип помодосбивальной машины	
	ПСМ-250	ШАЕ-800
Производительность, кг/ч	250...310	800
Угловая скорость рабочего органа, рад/с	30,0...33,0	32
Количество рядов бил	61	13
Количество бил в ряду	4	4
Максимальный радиус била, мм	62	150
Потребная мощность, кВт	3,7	10
Габаритные размеры, мм	3090×535×1445	3330×792×2290
Масса машины, кг	745	1330

**Инженерные расчеты.** Технологический расчет заключается в определении основных размеров машины и скоростей вращения лопастей.

Производительность помодосбивальной машины  $\Pi$  (кг/ч)

$$\Pi = 3600\phi F\rho v_c,$$

где  $\phi$  — коэффициент заполнения сечения;  $F$  — площадь поперечного сечения,  $\text{м}^2$ ;  $\rho$  — плотность помеда,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $v_c$  — средняя скорость движения помеда вдоль цилиндра,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$$v_c = \psi_c (b/H) j v_0 \sin \alpha \cos \alpha,$$

где  $\psi_c$  — коэффициент скорости;  $b$  — ширина лопасти,  $\text{м}$ ;  $H$  — шаг лопастей по винтовой линии,  $\text{м}$ ;  $j$  — число лопастей в одном ряду;  $v_0$  — окружная скорость конца лопастей,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $\alpha$  — угол разворота лопастей к осевой линии вала, рад.

При получении помады сироп охлаждается до температуры выходящей помады и дополнительно отнимается скрытая теплота кристаллизации сахара из его раствора в водно-паточном растворителе.

Теплота помадообразования  $Q$  (кВт)

$$Q = G_2(q_1 - q_3) + G'_c q_k,$$

где  $G_2, G'_c$  — соответственно масса сиропа и выкристаллизовавшегося сахара;  $q_1, q_3, q_k$  — соответственно начальная и конечная теплота сиропа и скрытая удельная теплота кристаллизации выкристаллизовавшегося сахара;  $q_k = 21$  кДж/кг.

## 12.6. СМЕСИТЕЛИ ДЛЯ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

**Фаршемешалки Л5-ФМ2-150, Л5-ФМ2-М-340** (рис. 12.25) предназначены для перемешивания составных компонентов мясного или овощного фарша.

Фаршемешалки состоят из станины 2, корыта 3, месильных винтов 4, крышки 5, привода 1 месильных винтов, привода 6 опрокидывания корыта и электрооборудования.

Станина представляет собой сварную раму, закрытую со всех сторон быстро-съемными облицовочными листами.

Корыто для перемешивания фарша выполнено из нержавеющей стали. Внутри корыта расположены месильные винты с лопастями шнекового типа. Винты установлены на конусах и жестко зажаты стяжками.

Крышка выполнена в виде решетки из нержавеющей стали. Она заблокирована с электродвигателем привода винтов. При открывании крышки электродвигатель выключается.

Фарш вручную или самотеком загружается в корыто. После этого крышка закрывается и включается привод месильных винтов. По предусмотренному технологическому процессу в определенное время через окна крышки в корыто загружаются необходимые компоненты. Перемешивание производится до равномерного распределения составных частей фарша. Фарш выгружается путем опрокидывания корыта.

Техническая характеристика фаршемешалок Л5-ФМ2-150, Л5-ФМ2-М-340 приведена в табл. 12.4.

**Смеситель непрерывного действия Б2-КСН** (рис. 12.26) предназначен для смешивания сыпучих компонентов, дозируемых универсальными дозаторами, и может быть использован в линиях производства сладких блюд, мучных полуфабрикатов, продуктов детского питания и др.

Смеситель состоит из сварной рамы 1, на которой смонтированы корпус 2, шнековый питатель 3 с приемным бункером 6, лопастного смесителя 5 и привода. Привод включает в себя электродвигатель и редуктор.

Дозируемые компоненты поступают через приемный бункер в шнековый питатель, а из него — в загрузочную горловину лопастного смесителя. Лопастные валы смесителя вращаются в противоположные стороны с разной частотой, что обеспечи-

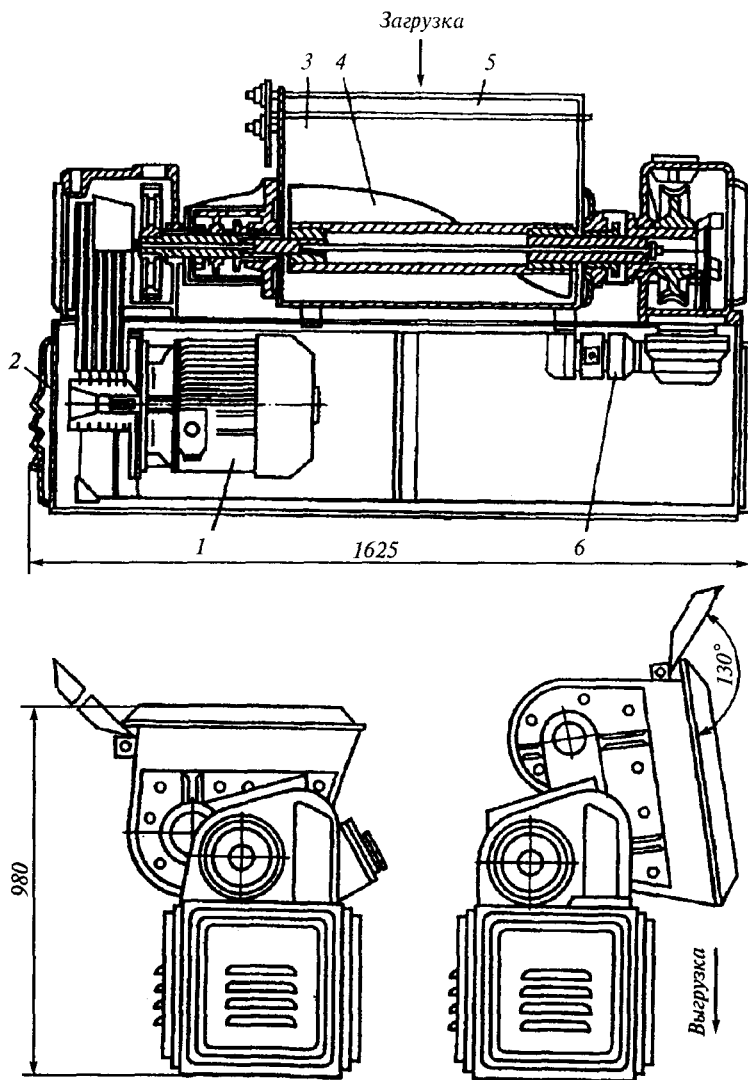


Рис. 12.25. Фаршемешалка Л5-ФМ2-150

дает хорошее перемешивание смеси. В процессе перемешивания смесь лопастями перемещается к разгрузочной горловине. Выходное отверстие горловины регулируется специальной заслонкой 4.

Техническая характеристика смесителя Б2-КСН приведена в табл. 12.4.

**Смеситель экстракта и лимонной кислоты** (рис. 12.27) предназначен для получения смеси экстракта и лимонной кислоты и устанавливается в линиях производства киселей.

Смеситель представляет собой цилиндрический сосуд 2 с ножками 1, на верхней крышке 3 которого установлен электродвигатель 5 привода мешалки 4.

Техническая характеристика смесителя экстракта и лимонной кислоты приведена в табл. 12.4.

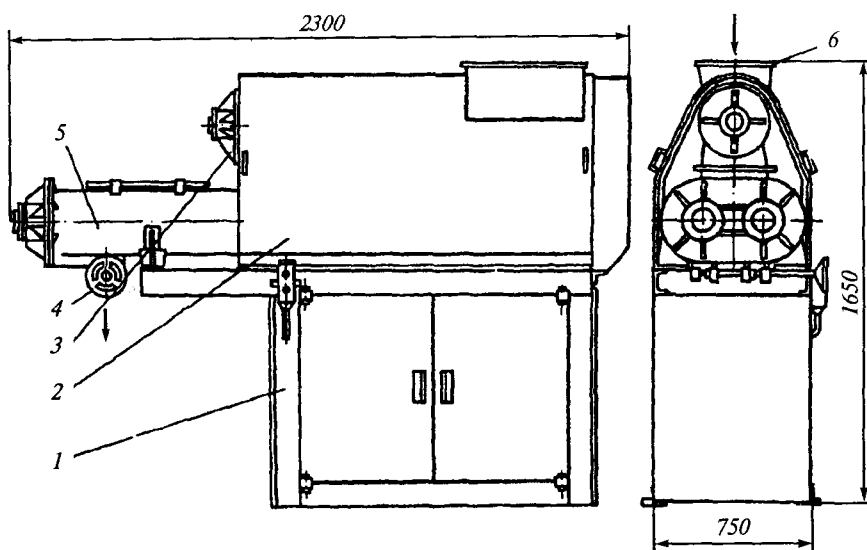


Рис. 12.26. Смеситель Б2-КСН

Таблица 12.4. Техническая характеристика смесителей

Показатель	Л5-ФМ2- М-150	Л5-ФМ2- М-340	Б2-КСН	Смеситель экстракта и кислоты
Производительность, кг/ч	500	2000	1000	
Вместимость корыта, л	150	340	126	300
Коэффициент загрузки	0,5...0,7	0,5...0,7	0,5...0,7	0,6...0,8
Продолжительность цикла, мин	3...5	3...5	10	—
Установленная мощность, кВт	3,0	5,5	4	1,1
Габаритные размеры, мм	1625×730× ×980	1980×910× ×1235	2300×750× ×1650	1000×1070× ×1710
Масса, кг	466	980	660	260

**Инженерные расчеты.** Производительность смешивающих устройств  $\Pi$  (кг/с) определяют по следующим формулам:  
барabanного смесителя

$$\Pi = V\rho / [(m_n / n) + t_3 + t_p],$$

где  $V$  — объем барабана, занимаемый продуктом,  $\text{м}^3$ ;  $\rho$  — плотность продукта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $m_n$  — число перемещений продукта в барабане;  $n$  — частота вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ ;  $t_3$  — время загрузки барабана,  $\text{с}$ ;  $t_p$  — время разгрузки барабана,  $\text{с}$ ;  
шнекового смесителя

$$\Pi = V\rho\alpha_0 / (t_3 + t_n + t_p),$$

где  $V$  — вместимость смесителя,  $\text{м}^3$ ;  $\alpha_0$  — коэффициент заполнения смесителя;  $t_n$  — продолжительность перемешивания,  $\text{с}$ .



Длительность перемешивания  $t_n$  (с) для смешивания жидких и тестообразных продуктов в общем виде определяют по формуле

$$t_n = 3600C / n^{\alpha m_1},$$

где  $C$  — постоянный коэффициент, зависящий от вида процесса, определяемый экспериментально;  $n$  — частота вращения лопастей,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий наличие элементов турбулизации ( $\alpha = 1$ , при отсутствии таких элементов  $\alpha = 2,5$ );  $m_1$  — параметр, зависящий от вида и состояния перемешиваемой массы, определяемый экспериментально.

Длительность перемешивания фарша  $t_n$  (с) определяют по уравнению

$$t_n = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4a \ln(C / C_0)}}{2a},$$

где  $b, a$  — коэффициенты, зависящие от частоты вращения и формы лопастей, рода сырья и назначения продукции ( $a > 0, b < 0$ ), определяемые экспериментально;  $C_0, C$  — исходная и заданная липкость фарша, Па (для докторской колбасы  $C_0 = 10\,400$  Па;  $C = 13\,300$  Па; для русских сосисок  $C_0 = 12\,200$  Па;  $C = 17\,050$  Па).

Мощность, необходимую для привода перемешивающих устройств,  $N$  (кВт) рассчитывают следующим образом: барабанного смесителя

$$N = \frac{K_m r_{\text{ц}} \omega (m_{\text{б}} + m_{\text{пр}}) + m_{\text{пр}} (h / t) + m_{\text{пр}} b \omega}{1000},$$

где  $K_m$  — приведенный коэффициент трения скольжения ( $K_m = 0,6 \dots 0,8$ );  $r_{\text{ц}}$  — радиус цапфы вала барабана, м;  $b$  — расстояние от оси вращения до центра тяжести продукта, м;  $\omega$  — угловая скорость барабана, рад/с;  $h$  — высота подъема продукта от горизонтального положения, м,

$$h = b (1 - \cos \varphi),$$

здесь  $\varphi$  — угол естественного откоса;  $t$  — время подъема продукта на высоту  $h$ , с;  $m_{\text{б}}$ ,  $m_{\text{пр}}$  — масса барабана и продукта, кг;

шнекового смесителя

$$N = g \Pi [L_c K_c \eta_a + L_n (\sin \alpha + K_c \cos \alpha)] / 1000,$$

где  $\Pi$  — максимальная производительность смесителя, кг/с;  $L_c, L_n$  — длина смешивательного и подающего шнеков, м;  $K_c$  — коэффициент сопротивления движению

$$K_c = (\psi/2)\rho,$$

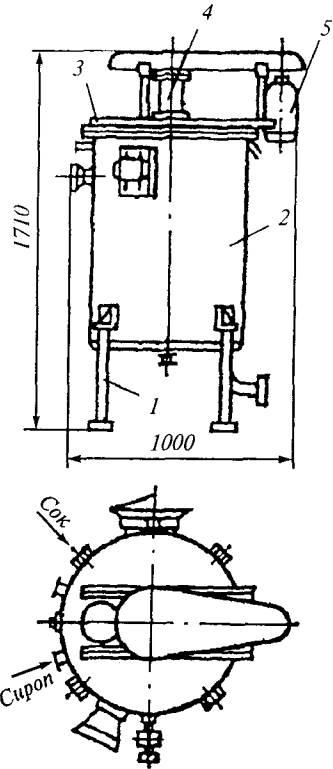


Рис. 12.27. Смеситель экстракта и лимонной кислоты

здесь  $\psi = 1,25 \dots 1,50$  — эмпирический коэффициент;  $\rho$  — плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\eta_a$  — коэффициент запаса мощности ( $\eta_a = 1,20 \dots 1,25$ );  $\alpha$  — угол наклона подающих шнеков к горизонту, град ( $\alpha = 8^\circ$ );  
смесителя (дежи)

$$N = [0,4\alpha V \rho r \omega_1 g + K_m g r_u \omega_2 (m_d + m_{np})] / 1000,$$

где  $V$  — вместимость смесителя,  $\text{м}^3$ ;  $\rho$  — плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $r, r_u$  — радиус месильного органа и цапфы, м;  $\omega_1, \omega_2$  — угловая скорость вращения месильного органа и дежи,  $\text{рад/с}$ ;  $K_m$  — коэффициент трения дежи в опорах ( $K_m = 0,2 \dots 0,3$ );  $m_d, m_{np}$  — масса вращающейся дежи и продукта, кг;  $\alpha$  — коэффициент заполнения дежи, лопастной горизонтальной

$$N = 0,038 K_1 d_n^4 n^3 \rho h Z;$$

лопастной вертикальной

$$N = 0,038 K_1 (d_n^4 - d_b^4) n^3 \rho h Z;$$

решетки

$$N = 0,098 \rho h Z n^3 \left[ \left( \frac{r_n + r_b}{2} + m \delta \right)^4 - \left( \frac{r_n + r_b}{2} \right)^4 \right],$$

где  $K$  — экспериментальный коэффициент ( $K = 1,0 \dots 2,0$ );  $d, d_n, d_n, d_b$  — диаметр мешалки, лопасти, наружный и внутренний, м;  $\mu$  — динамическая вязкость жидкости, Па·с;  $K_1$  — коэффициент, зависящий от соотношения размеров в лопасти;  $h$  — высота лопасти, м;  $Z$  — число лопастей;  $r_n, r_b$  — наружный и внутренний радиус мешалки, м;  $m$  — число отдельных элементов мешалки;  $\delta$  — толщина элементов мешалки, м;  $n$  — частота вращения мешалки,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\rho$  — плотность обрабатываемой среды,  $\text{кг/м}^3$ .

Коэффициент  $K_1$  выбирают в соответствии со следующими значениями:

$r/h$	1	2	4	10	18
$K_1$	1,10	1,15	1,19	1,29	1,40

При подборе электродвигателя для мешалок мощность его принимают с запасом на 50 % больше расчетной.

Расчет основных параметров шнекового смесителя выполняется следующим образом. При расчете смесителя задаются конструктивно диаметром смесительного шнека  $d_c = 0,20 \dots 0,25$  м; диаметром вала  $d_b = 0,05$  м; шагом винта  $\lambda_b = d_c$  и определяют необходимую частоту вращения смесительного шнека:

$$n = \frac{4\Pi_{\max}}{\pi(d_c^3 - d_b^3)\lambda\rho\alpha_0},$$

где  $\Pi$  — максимальная производительность,  $\text{кг/с}$ ;  $\alpha_0$  — коэффициент заполнения ( $\alpha_0 = 0,3 \dots 0,4$ );  $\rho$  — плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ .

Задаваясь размерами подающих (дозировующих) шнеков — диаметром шнека  $d_n = 0,15$  м; диаметром вала  $d_b = 0,05$  м; шагом винта  $\lambda_b = d_n$ , — определяют три разных частоты вращения этих шнеков:

максимальную

$$n_{\max} = \frac{4\Pi_{\max}}{\pi(d_n^2 - d_b^2)\lambda_b \rho k \alpha_0};$$

минимальную

$$n_{\min} = \frac{4\Pi_{\min}}{\pi(d_n^2 - d_b^2)\lambda_b \rho k \alpha_0};$$

промежуточную

$$n_{\text{cp}} = (n_{\max} + n_{\min}) / 2,$$

где  $\Pi_{\max}$ ,  $\Pi_{\min}$  — максимальная и минимальная производительность, кг/с;  $k$  — число подающих шнеков.

Частоту вращения распределительного вала  $n_s$  принимают равной  $n_{\max}$ , а число зубцов цевочных звездочек  $Z_y = n_{\min}$ .

Для скоростного диска с тремя рядами отверстий определяют число отверстий в каждом ряду:

$$Z_1 = n_{\min}; \quad Z_2 = n_{\max} (n_{\min} / n_{\text{cp}}); \quad Z_3 = n_{\max}.$$

Рассчитывают коэффициент использования производительности смесителя по формуле

$$\alpha_0 = \frac{(n_1 + n_2 + n_3) \cdot 100}{kn_{\max}},$$

где  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  — частота вращения шнеков в каждом варианте, с<sup>-1</sup>.

Степень однородности полученной смеси может быть определена по следующим формулам:

$$T = (1/n) \sum (A_1 / A_0) \text{ для случая } A_1 < A_0,$$

$$T = (1/n) \sum [(2A_0 - A_1) / A_0] \text{ для случая } A_1 > A_0,$$

где  $n$  — количество проб;  $A_1$  — содержание данного компонента в пробе, %;  $A_0$  — содержание данного компонента по рецепту, %.

\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Технологические свойства смешиваемых пищевых сред являются тем решающим фактором, который определяет не только выбор конструкции смесительных машин, но и режимы процесса смешивания.*

*2. Классификация смесителей по функционально-технологическому принципу позволяет выбрать прототип при создании новой техники и прогнозировать новые конструкции.*

*3. Методы инженерных расчетов смесителей могут быть использованы не только при проектировании данного типа машин, но и при определении основных направлений их развития.*

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Каковы основные стадии замеса хлебопекарного теста?
2. Какова классификация тестомесильных машин?
3. От каких параметров зависит производительность тестомесильной машины?
4. Какие факторы влияют на режим замеса теста?
5. Каковы основные составляющие потребной мощности привода тестомесильных машин периодического действия?
6. В каких тестомесильных машинах требуется принудительное водяное охлаждение корпуса месильной камеры?
7. Какой характер движения может совершать месильный орган в тестомесильных машинах периодического действия?
8. Каково устройство и принцип действия лопастной мешалки?
9. Какова классификация перемешивающих машин?
10. От каких параметров зависит производительность лопастных мешалок?
11. Какие факторы влияют на режим перемешивания компонентов продукта?
12. Как размеры и форма лопастей влияют на мощность привода лопастных мешалок?
13. Из каких соображений выбирается рабочая частота вращения лопастного вала?
14. В каких отраслях промышленности используются машины для образования пенообразных масс?
15. Каково устройство и принцип действия кремосбивальной машины?
16. Каковы недостатки сбивальных машин?
17. Какое влияние форма рабочих органов оказывает на интенсивность процесса сбивания?
18. В чем заключается условие невыплескивания жидкости из перемешивающего аппарата?
19. Как рассчитывается минимальная высота жидкости в перемешивающем аппарате, при которой необходимый процесс будет обеспечен?
20. От каких факторов зависит мощность привода рабочих органов месильных машин?

## Глава 13

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Процесс формования пищевых сред – один из самых сложных процессов пищевой технологии. Именно в этом процессе во всем многообразии проявляется весь диапазон физико-механических свойств формуемого материала. Поэтому конструкторские решения формирующих машин полностью определяются технологическими свойствами соответствующей среды.

*Формованием* называется технологический процесс придания перерабатываемому продукту определенной формы.

*Экструзией* называется технологический процесс выдавливания жгутов перерабатываемой массы через формирующие отверстия матрицы.

#### 13.1. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Процессы формования пищевых сред довольно различны и многообразны вследствие специфичности и многообразия видов перерабатываемого сырья.

Для переработки пластичного полуфабриката в готовые изделия определенной формы и размера используются следующие виды формования: отсадка, штамповка, отливка, резка, прессование, экструдирование и др.

Отсадкой называется процесс получения формованных изделий путем циклического выдавливания пластичной массы через профильные насадки на подвижную или неподвижную поверхность.

Особое внимание заслуживает производство изделий губчатой структуры (пас­тилы, зефира, сбивных и кремовых конфет и т.п.) формованием. Отличительными особенностями производства этих продуктов являются как невозможность их хранения до формования (из-за разного давления происходит уменьшение пышности пенообразной структуры), так и разрушение пенообразной структуры при формовании.

Штамповка — это резка исходного продукта в виде жгута на отдельные изделия и придания им различной формы.

Резка — это деление пластов пищевых масс на отдельные части в форме параллелепипеда.

Отливка — это получение изделий определенного объема, формы и рисунка из полужидкой или жидкой кондитерской массы отливкой ее в форму.

Различают следующие виды экструзии:

1. *Холодная экструзия* — происходят только механические изменения в материале вследствие медленного его перемещения под давлением и формование этого продукта с образованием заданных форм.

2. *Теплая экструзия* — наряду с механическим осуществляется тепловое воздействие на обрабатываемый продукт, причем продукт подогревается из вне.

3. *Горячая экструзия* — процесс проводится при высоких скоростях и давлениях, значительном переходе механической энергии в тепловую, что приводит к различным по глубине изменениям в качественных показателях продукта.

Совершенствование теории и методов расчета формовочного оборудования является задачей, решение которой обеспечит оптимальное конструирование его узлов с целью получения продукции требуемого качества. Основные цели математического моделирования формования состоят в углублении физического (качественного) понимания процесса и его количественном описании с максимально возможным приближением к реальной технологической практике.

Для создания рабочих теорий процесса формования правомерно использование моделей изотермического, адиабатического, политропического и произвольного теплового режимов работы зоны дозирования.

Для рассмотрения традиционных математических моделей процессов формования удобнее всего разделить их на три основные группы моделей: гидродинамические, геометрические и реологические.

Так, уравнение математической модели дозирующей зоны экструдера по Мак-Келви имеет вид:

$$P = F_a \cdot (U_z \cdot h \cdot W / 2) - (h^3 \cdot W / 12\mu_n)(\partial P / \partial z) \cdot F_p,$$

где  $P$  — объемная производительность зоны дозирования, м<sup>3</sup>/с;  $U_z$  — компонента скорости движения корпуса относительно шнека в направлении, м/с;  $h$  — глубина канала шнека, м;  $W$  — ширина канала, м;  $\mu_n$  — вязкость ньютоновской жидкости, Па·с;  $\partial P / \partial z$  — градиент давления по оси канала  $z$ , Па/м;  $F_a$ ,  $F_p$  — безразмерные коэффициенты формы, учитывающие влияние на распределение потоков соотношения  $h/W$ .

В результате решения задачи течения ньютоновской жидкости в канале червяка получено уравнение для расчета производительности дозирующей зоны экструдера.

Математическая модель, предложенная В.А. Силиным, является примером иного, геометрического подхода к решению задачи моделирования процесса экструзии полимеров для этой зоны:

$$P = (\pi(D^2 - d_d^2)(H - e)60n\gamma / 4)\eta_d(1 - (P_r / P_{\max})),$$

где  $P$  — производительность экструдера в зоне дозирования, кг/ч;  $D$  — наружный диаметр шнека, м;  $d_d$  — диаметр сердечника червяка в зоне дозирования, м;  $H$  — шаг шнека, м;  $e$  — осевая ширина витков шнека, м;  $n$  — скорость вращения шнека, об/мин;  $\gamma$  — плотность расплава, зависящая от температуры и давления, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta_d$  — коэффициент осевого перемещения расплава в канале червяка в зоне дозирования;  $P_r$  — противодавление экструзионной головки, Па;  $P_{\max}$  — максимальное давление, создаваемое всеми витками червяка при закрытой головке, Па.

В основу этой модели положена теория транспортирующих червяков, согласно которой движение полимера в канале червяка рассматривается как передача части объема одного витка за один оборот. Распределение давления вдоль червяка зависит только от его характеристики, т.е. влияние реологических характеристик полимера на профиль давлений не учитывается. Эта модель правомерна только для упрощенного расчета процесса переработки материала, течение которого имеет ньютоновский характер.

Наиболее точно реальную физическую картину процесса экструзии отражают реологические модели. Реальное движение расплава полимера в зоне дозирования — это трехмерное неизотермическое течение аномально вязкой жидкости.

И.Э. Груздевым получено уравнение для расчета производительности дозирующей зоны экструдера при изотермических условиях течения аномально вязкой жидкости со сложным сдвигом:

$$P = q_x \cdot q_{\max} \cdot \eta \cdot \vartheta_0 \cdot h \cdot s \cdot i,$$

где  $P$  — расход продукта, м<sup>3</sup>/с;  $q_x, q_{\max}$  — безразмерные расходы продукта;  $\eta$  — коэффициент проскальзывания;  $\vartheta_0$  — скорость движения пластины (окружная скорость винта), м/с;  $s$  — ширина канала, м;  $i$  — число заходов шнека.

Характерной особенностью течения степенной жидкости в условиях сложного сдвига является более слабая зависимость максимального расхода продукта от аномалии вязкости.

Одним из направлений дальнейшей разработки теории и методов расчета формовочного оборудования является исследование влияния радиального зазора между гребнем винтового канала шнека и стенкой корпуса.

Так, была рассмотрена проблема транспортировки расплавов полимеров в одношнековых экструдерах с учетом влияния утечек через зазор и получено аналитическое выражение для расчета производительности зоны дозирования с учетом утечек:

$$P = (\pi^2 D^2 N (1 - ie / t) \sin \varphi \cos \varphi (1 - \delta / h) h \psi(\eta_0) / (n + 2)) - \\ - (B_z (n + 1)^{1/n} \pi^2 D^2 N [\chi (\sin \varphi)^{(m+1)/n} + (\cos \varphi)^{(m+1)/n}]^2 \delta^{(m+1)/n} / 6 \operatorname{tg} \varphi h^{(m+1)/n}),$$

где  $N$  — скорость вращения шнека, мин<sup>-1</sup>;  $t$  — шаг нарезки шнека, м;  $\varphi$  — угол подъема винтовой линии шнека;  $\delta$  — радиальный зазор между наружным диаметром червяка и цилиндром, м;  $B_z$  — безразмерный градиент давлений в поступательном течении;  $\chi$  — отношение градиентов давлений, действующих в циркуляционном течении;

$$\psi(\eta_0) = [(1 - \eta_0)^{m+2} + \operatorname{sign} \eta_0 |\eta_0|^{m+2} - (n + 2) |\eta_0|^{m+1}] / [(1 - \eta_0)^{m+1} - |\eta_0|^{m+1}],$$

при  $dP/dx > 0$ .

Все перечисленные работы рассматривают задачу течения в каналах экструзионных машин в одномерной постановке. Такой подход не позволяет учесть эффекты циркуляционного тепло- и массообмена, т.е. процессы смешения жидкости и конвективного теплопереноса.

### 13.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Классификация оборудования для формования пищевых продуктов представлена на рис. 13.1.

Ротационные формующие машины предназначены для получения из пластичного сырья (теста) заготовок полуфабрикатов определенной формы и размера с рисунком на поверхности.

Заготовки из сдобного и пряничного теста формуются на отсадочных машинах.

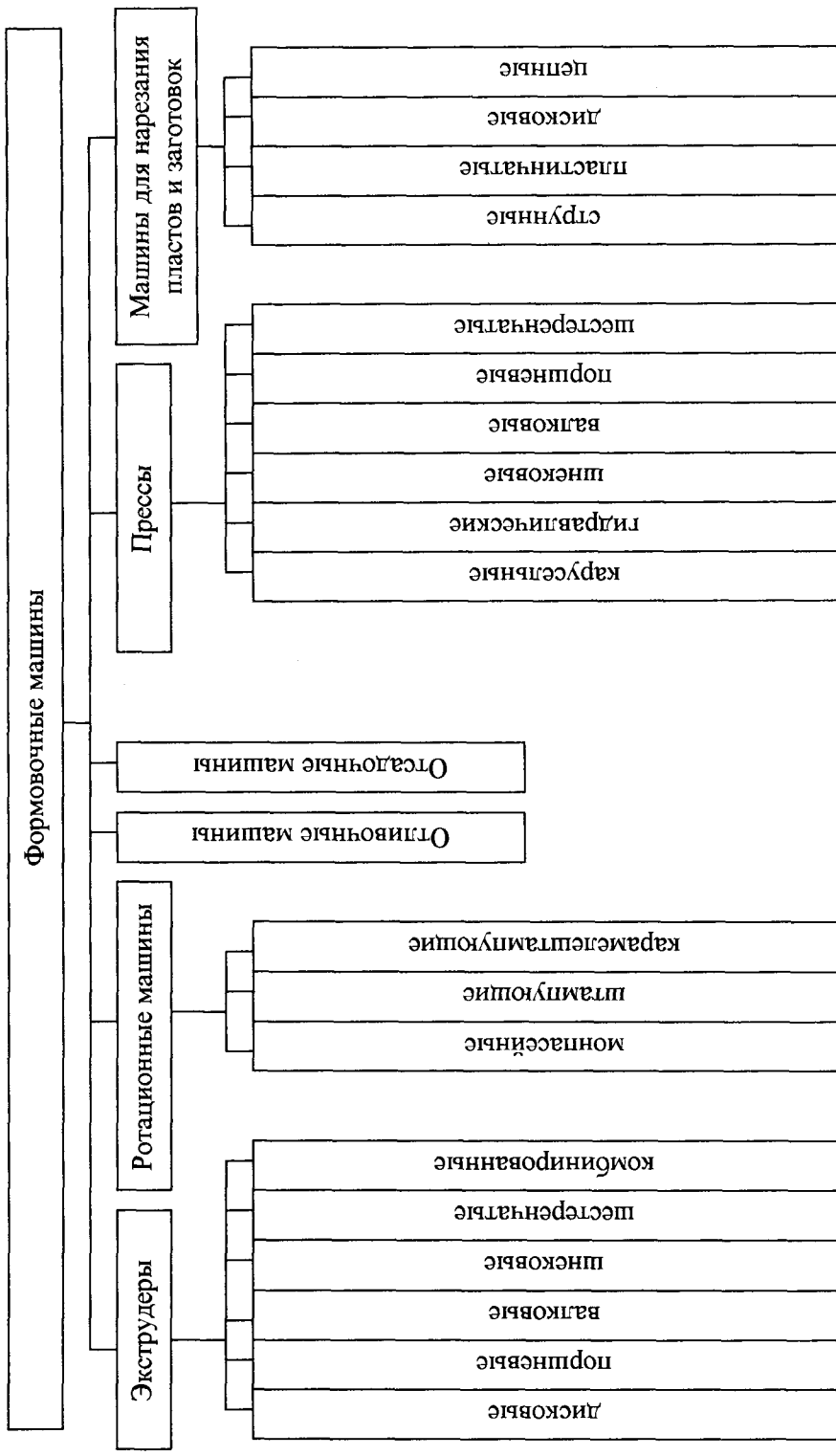


Рис. 13.1. Классификация формовочного оборудования



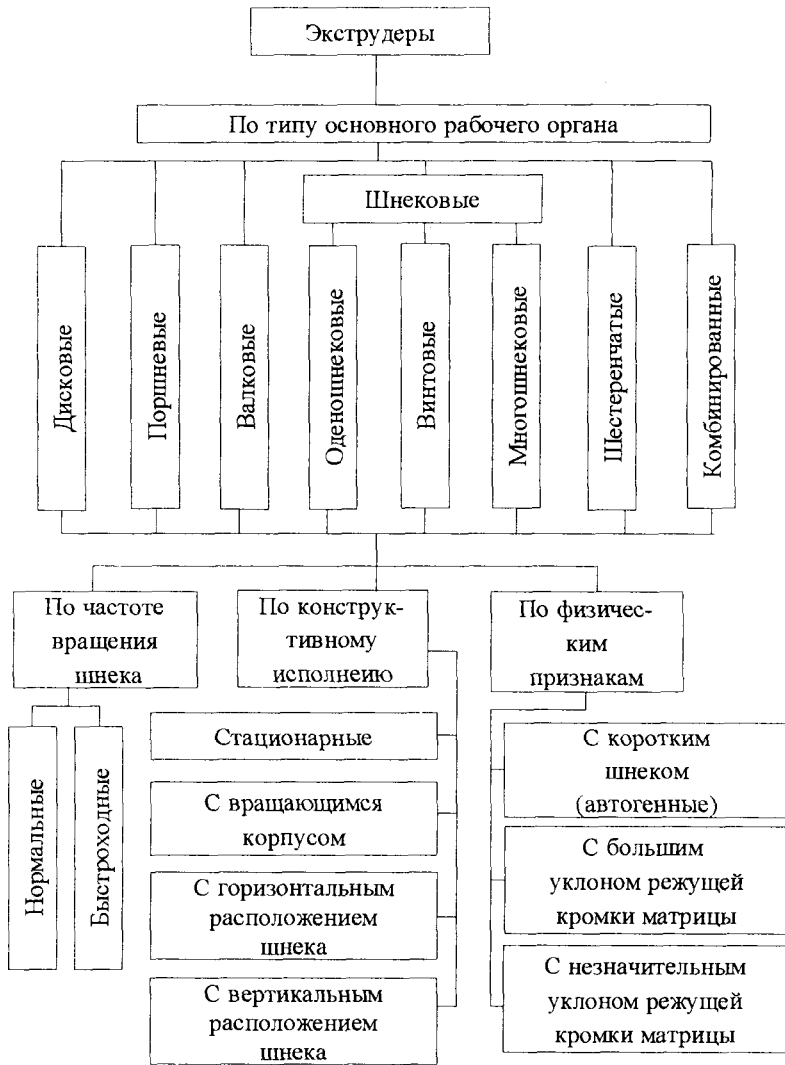


Рис. 13.2. Классификация экструдеров

Штампующие машины предназначены для резки исходного продукта в виде жгута на отдельные изделия и придания им различной формы.

Режущие машины предназначены для деления пластов конфетных масс на отдельные части в форме параллелепипеда.

Отливочные машины служат для получения изделий определенного объема, формы и рисунка из полужидкой или жидкой кондитерской массы отливкой ее в форму. Они отделяют от жидкой массы порцию определенного объема и отливают ее в форму. Материал формы зависит от физических и химических свойств заливаемой массы.

По типу основного рабочего органа экструдеры подразделяют на одношнековые, многошнековые, дисковые, поршневые и др. Классификация экструдеров приведена на рис. 13.2.

Поршневые и валковые экструдеры оказывают щадящее воздействие на перерабатываемый продукт, их используют для формования продукта с нежной консистенцией.

Валковые экструдеры применяют в машинах без матриц, шестеренные — для формования однородных и гомогенных материалов в машинах с матрицами.

Производительность шнекового экструдера определяется взаимодействием нагнетателя и формующей головки.

Расходно-напорная характеристика (РНХ) нагнетателя — зависимость создаваемого им расхода материала  $Q$  от противодавления  $\Delta p$  на выходе, РНХ формующего органа (матрицы) — это функция расхода через отверстия матрицы от давления в предматричной камере.

Анализ РНХ шнекового нагнетателя и формующей головки позволяет определить производительность экструдера и развиваемого при этом давления на входе в матрицу для конкретного сечения шнек-матрицы при заданной частоте вращения шнека.

### 13.3. ЭКСТРУДЕРЫ

Экструдер состоит из нескольких основных узлов — корпуса, оснащенного нагревательными элементами, рабочего органа (шнека, диска, поршня), размещенного в корпусе, узла загрузки перерабатываемого продукта, привода, системы задания и поддержания температурного режима и других контрольно-измерительных и регулирующих устройств.

Наибольшее распространение в промышленности получили шнековые экструдеры. Захватывая исходный продукт, шнек перемещает его от загрузочного устройства вдоль корпуса экструдера. При этом продукт сжимается, разогревается, пластифицируется и гомогенизируется. Давление в экструдере достигает 15...100 МПа. По частоте вращения шнека экструдеры подразделяют на нормальные и быстроходные с окружной скоростью соответственно до 0,5 и 7 м/мин, а по конструктивному исполнению — на стационарные и с вращающимся корпусом, с горизонтальным и вертикальным расположением шнека.

Существуют экструдеры со шнеками, осуществляющими не только вращательное, но и возвратно-поступательное движение. Для эффективной гомогенизации продукта на шнеках устанавливают дополнительные устройства — зубья, шлицы, диски, кулачки и др. В последнее время получают распространение планетарновальцовые экструдеры, у которых вокруг центрального рабочего органа (шпинделя) вращается несколько дополнительных шнеков (от 4 до 12). Принцип действия дискового экструдера основан на использовании возникающих в упруговязком материале напряжений, нормальных к сдвиговым. Основу конструкций такого экструдера составляют два плоскопараллельных диска, один из которых вращается, создавая сдвиговые и нормальные напряжения, а другой неподвижен. В центре неподвижного диска имеется отверстие, через которое выдавливается размеченный материал. Поршневой экструдер из-за низкой производительности используют ограниченно, в основном для изготовления труб и профилей из реактопластов.

Конструкции экструдеров могут быть классифицированы также по геометрической форме, механическим, функциональным или термодинамическим характеристикам. Кроме того, экструдеры рекомендуется классифицировать по их физическим признакам, поскольку они оказывают влияние на химические структурные характеристики экструдированных продуктов. Особое значение имеют такие параметры, как ук-

лон режущей кромки матрицы и количество тепловой энергии, образующейся в процессе экструдирования за счет механического преобразования энергии; температура во время ведения процесса; влажность экструдруемой массы.

При переработке пищевых продуктов наибольшее распространение получили экструдеры со шнеками полного зацепления, вращающимися в одном направлении, когда вершины одного шнека взаимодействуют с впадинами другого.

В двухшнековых самоочищающихся экструдерах обеспечиваются более быстрый пуск шнека и работа на повышенной скорости. В них реже возникают подъемы давления, так как не происходит накопление продукта. В одношнековых экструдерах, вследствие того, что продукт может оставаться в витках и накапливаться, создавая разрывы потока, подъемы давления бывают чаще. В результате продукт из экструдера выпускается неравномерно.

Однако предполагается, что в одношнековом экструдере износ шнека концентрируется по наружной кромке к торцу его витков, и это обеспечивает восстановление шнека.

Двухшнековый экструдер более подвержен износу. Изнашиваются шнеки в местах загрузки и выгрузки продукта. В этой связи свойства конечного продукта и эффективность процесса экструдирования в большой степени зависят от износа рабочих органов машины при обработке в двухшнековом экструдере. При использовании двухшнекового экструдера не требуется предварительной гидротермической обработки продукта, что упрощает производственный процесс. Гидролиз крахмала пшеничной муки протекает гораздо эффективнее в двухшнековом экструдере, чем в одношнековом. В двухшнековом экструдере зоны пластификации и повышения давления отделены друг от друга, что позволяет независимо осуществлять пластификацию и экструдирование продукта. Известно, что затраты, связанные с приобретением одношнековых экструдеров, ниже по сравнению с затратами на приобретение двухшнековых машин. Однако последние компенсируются меньшими эксплуатационными расходами. Высокие расходы по эксплуатации одношнековых машин связаны с длительными простоями при чистке, большими трудозатратами и объемом работ по обслуживанию.

Сравнение конструктивных и технологических достоинств одношнековых и двухшнековых экструдеров показывает значительное преимущество последних.

Материал для матриц должен быть коррозионно-стойким, обладать антиадгезионными свойствами и высокой прочностью. Чтобы снизить прилипаемость формуемого продукта, отверстия полируют и хромируют. Широко применяют в настоящее время матрицы, состоящие из металлической обоймы и сменных вставок. Вставки представляют собой сменные гильзы с формующими отверстиями, изготавливаются из пластмасс с сильно выраженными антиадгезионными свойствами.

Форма и размер предматричной камеры зависят от свойств перерабатываемого продукта, типа и размеров нагнетающего механизма и должны способствовать выходу выпрессовываемой массы через каналы матрицы с возможно более равномерной скоростью, а также препятствовать образованию застойных зон. Формование экструзией имеет ряд преимуществ: непрерывность осуществления процесса с высокой скоростью, безотходность технологии и высокая культура производства.

**Машина А1-КХП** (рис. 13.3) предназначена для формования палочек из кукурузной крупы тепловой и механической обработкой.

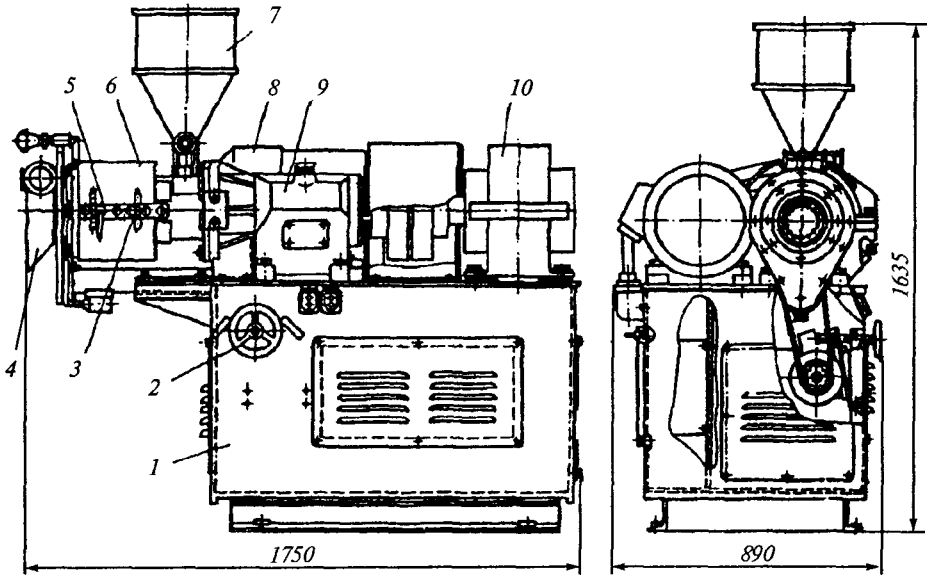


Рис. 13.3. Машина А1-КХП

Машина состоит из станины 1, бункера 7, корпуса подшипника 9, цилиндра 3, механизма резки 4, вариатора, щита управления с нагревателями. Машина имеет два индивидуальных привода: для шнека и механизма резки.

На верхней плите сварной станины установлен электродвигатель 8 привода шнека, соединенный через муфту с быстроходным валом редуктора 10. Последний, в свою очередь, с помощью муфты соединяется с валом корпуса подшипника. В литом корпусе подшипника установлен вал, вращающийся в радиальных подшипниках качения. Для восприятия осевой нагрузки от формирующего шнека в корпусе установлен упорный шарикоподшипник.

К корпусу подшипника фланцем крепится сварной цилиндр с расположенным внутри него шнеком. С противоположной стороны цилиндр закрыт матрицей. Температура в рабочей зоне контролируется термомпарами, введенными в зону через пробку 5. Для нагрева кукурузной массы в передней части цилиндра укреплен блок электронагревателей 6.

У переднего торца матрицы расположен механизм резки с вращающимися ножами, который приводится в движение от отдельного электродвигателя через бесступенчатый вариатор. Электродвигатель и вариатор находятся внутри станины. Частота вращения вариатора регулируется рукояткой 2, установленной в непосредственной близости от панели управления. Для удобства обслуживания механизм резки отводится в сторону.

Над цилиндром установлен бункер для приема кукурузной крупы. Кукурузная крупа из бункера машины через регулируемую заслонку поступает в приемное отверстие цилиндра, где происходит прессование продукта и нагрев до температуры 145 °С.

В результате воздействия тепла, влаги и давления крупа превращается в пластическую массу, которая выдавливается шнеком через отверстия матрицы. При выходе из отверстий матрицы масса под действием пара, образующегося из перегретой влаги, вспучивается, образуя пористую хрустящую жилу. Механизм резки делит выходящие жилы на палочки, которые уносятся конвейером.

Порция крупы (1,5...2,0 кг при температуре в цилиндре 80...145 °С) готовится за 30...60 мин до пуска машины.

Режим нагрева цилиндра подбирается для каждой машины индивидуально в зависимости от сорта, помола, влажности крупы и степени износа.

Техническая характеристика экструдера А1-КХП приведена в табл. 13.1.

**Машина Б8-КХ-ЗП** (рис. 13.4) предназначена для производства палочек из кукурузной крупы посредством ее тепловой и механической обработки с последующей фасовкой на других автоматах.

Машина состоит из станины 1, формующего механизма 2, механизма 5 отрезки палочек по длине, ворошителя 3 кукурузной крупы, блока электронагревателей 4.

Формующий механизм состоит из охватываемого шнека с правой нарезкой, шнековой втулки с левой нарезкой, матрицы с двенадцатью отверстиями диаметром 3 мм, обоймы с четырьмя отрезными ножами, приводимой во вращение через цепную и клиноременную передачи от электродвигателя.

Ворошитель представляет собой корпус, внутри которого вращается вал с лопастями, перемешивающий поступающую из бункера крупу.

Блок электронагревателей предназначен для нагрева рабочей зоны машины в период пуска и автоматического поддержания постоянной температуры от 160 до 180 °С. Во избежание перегрева машины в зоне загрузки предусматривается принудительное водяное циркуляционное охлаждение корпуса формующего механизма с подключением к сети водоснабжения.

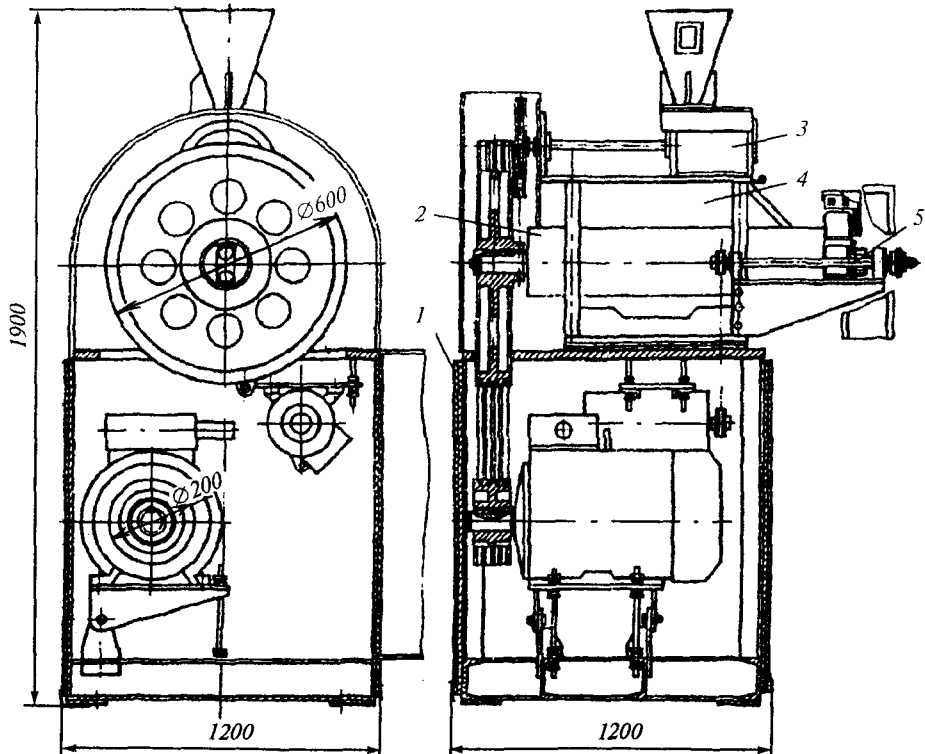


Рис. 13.4. Машина Б8-КХ-ЗП

Схемой машины предусмотрено ручное управление электроприводами шнека и ножа, а также ручное и автоматическое управление блоком нагревателей.

Перед пуском машины производится нагрев рабочей зоны формующего механизма в течение 30...35 мин до 160...180 °С с помощью блока электронагревателей. За 25...30 мин до пуска машины готовится первая порция крупы влажностью 20...21 %. Подготовленная крупа по специальному лотку вручную засыпается небольшим потоком в отверстие зоны загрузки при включенной машине. После выхода палочек из формующей матрицы открывается заслонка, и в машину поступает крупа влажностью 13...14 %.

Нагрев продукта в момент запуска происходит за счет теплопередачи, а в дальнейшем — за счет тепла, образующегося в результате трения между продуктом, шнеком и шнековой втулкой. Выпрессованная полужидкая масса за счет перепада давления при выходе из отверстия формующей матрицы взрывается с диаметра 3 мм до диаметра 8...12 мм.

Таблица 13.1. Техническая характеристика экструдеров

Показатель	А1-КХП	Б8-КХ-ЗП
Производительность, кг/ч	75	90
Мощность, кВт:		
привода	21	18,5
электронагревателя	3,84	2,8
Число шнеков	1	1
Частота вращения шнеков, мин <sup>-1</sup>	71	79,3
Диаметр шнеков, мм	155	74
Максимальная температура в зоне нагрева, °С	145	160...180
Максимально допустимое давление экструзии, МПа	10	12
Габаритные размеры, мм	1750×890×1635	1200×1200×1900
Масса, кг	1300	950

**Экструдер МФБ-1** (рис. 13.5) состоит из плиты 15, станины 1 с кронштейном 12, электродвигателя 14, червячного редуктора 13, корпуса 4 со шнеком 3 и формующей матрицей 2, головки 7 с парой конических шестерен 8 и загрузочной воронки 5 со спиралью 11.

Внутри головки 7 находятся горизонтальный вал 9 с конической шестерней и приводной звездочкой 10, вертикальный вал 6 с конической шестерней и спиралью. Спираль 11 подает конфетную массу в корпус 4 и непрерывно перемешивает ее в загрузочной воронке 5. Шнек 3 выпрессовывает массу через формующие каналы матрицы 2 в виде пяти бесконечных жгутов, которые после предварительного охлаждения разрезаются на конфеты.

Техническая характеристика экструдера МФБ-1 приведена в табл. 13.2.

**Двухшнековый экструдер поточных линий ШФК** (рис. 13.6) отличается от экструдера МФБ-1 наличием двух горизонтальных шнеков, находящихся в самостоятельных камерах. Шнеки нагнетают массу в общую предматричную камеру 3. Масса выходит через шесть или восемь формующих каналов. Частота вращения спирали в загрузочной воронке 2 изменяется бесступенчатой рукояткой 1. Нагнетающие шнеки имеют постоянную частоту вращения. При переходе с формирования жгутов круглого сечения на прямоугольные шнеки заменяют.

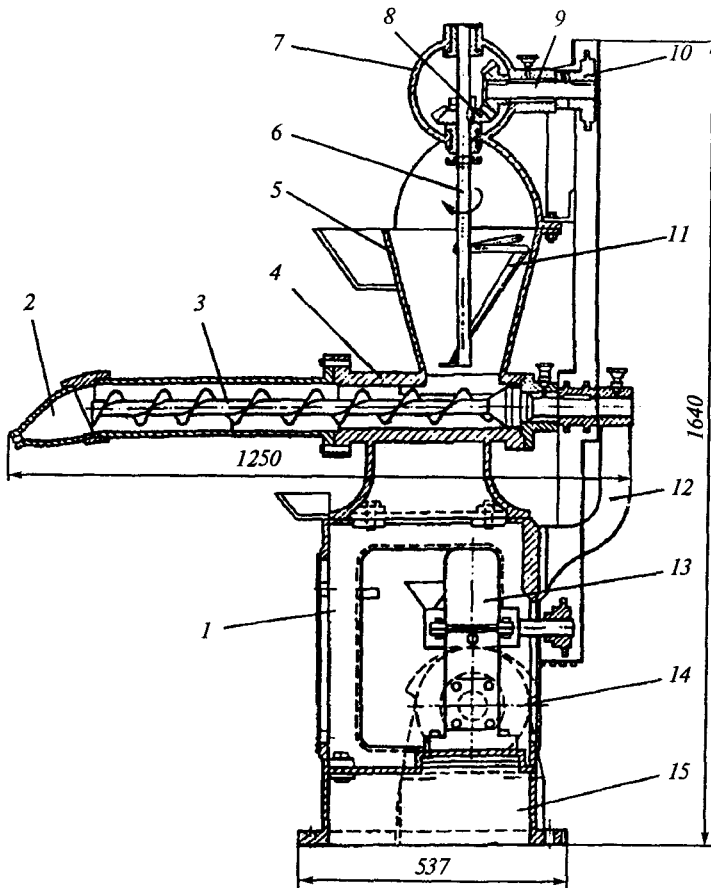


Рис. 13.5. Шнековый экструдер МФБ-1

В шнековых экструдерах скорости выхода жгутов через формующие каналы неодинаковы. Для выравнивания скоростей увеличивают длину средних формующих каналов по сравнению с крайними, устанавливают дополнительные сопротивления перед средними каналами или в самих каналах либо устанавливают более высокую температуру стенок крайних формующих каналов. Добиться полного равенства скоростей во всех каналах весьма трудно.

Техническая характеристика экструдера приведена в табл. 13.2.

**Экструдер ШВФ-22** (рис. 13.7) предназначен для выдавливания конфетной массы при производстве пралиновых конфет.

Он имеет в предматричной камере перегородки, образующие секции у каждого выходного отверстия. Это выравнивает скорости у выдавливаемых жгутов. Бункер 1 укреплен на корпусе питателя 2 с расположенными в нем рифлеными валками 3. В корпусе нагнетателя 4 вращаются нагнетающие шестеренные роторы 5, выполненные из набора шестерен. Предматричная камера 7 имеет вертикальные формующие каналы 8. В нижней части корпуса нагнетателя и предматричной камеры имеются вертикальные перегородки 6, которые делят корпус и камеру на отдельные секции.

Бункер, корпус нагнетателя и нагнетатель, а также предматричная камера имеют рубашки для обогрева.

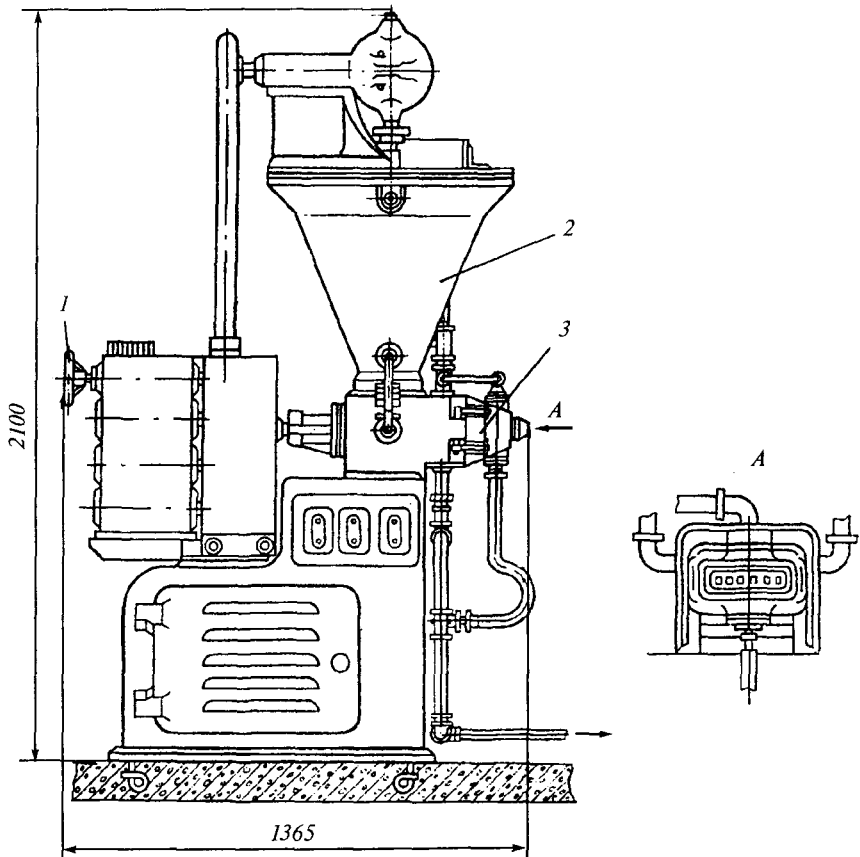


Рис. 13.6. Шнековый экструдер ШФК

Конфетная масса вытягивается из бункера рифлеными валками 3 и равномерно подается по всей длине шестеренных роторов 5. Они нагнетают массу в предматричную камеру 7 и из нее через формирующие каналы 8 выдавливаются жгуты 9 пралиновой массы.

Техническая характеристика экструдера ШВФ-22 приведена в табл. 13.2.

Таблица 13.2. Техническая характеристика экструдеров

Показатель	МФБ-1	ШФК	ШВФ-22
Производительность, кг/ч	325	150...310	1000
Число отверстий в матрице	5	6	22
Потребная мощность, кВт	1,7	2,8	2,8
Габаритные размеры, мм	1250×845×1640	1365×775×2100	1000×1160×2980
Масса, кг	410	955	1220

**Инженерные расчеты.** Расходно-напорная характеристика формирующей части (головки)  $P_\phi$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$P_\phi = (k_\phi / \mu) \Delta p \cdot 10^{-9},$$



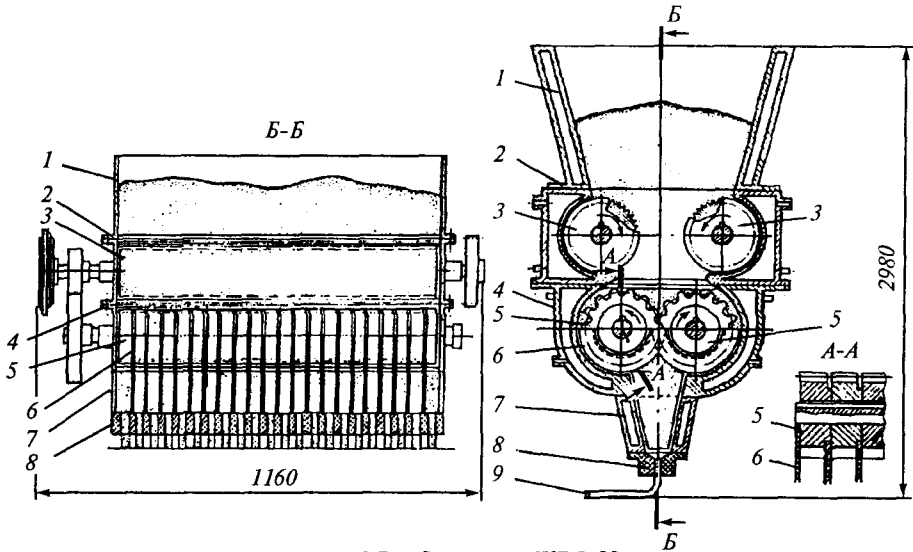


Рис. 13.7. Экструдер ШВФ-22

где  $k_\phi$  — коэффициент геометрии формующего органа (матрицы);  $\mu$  — динамическая вязкость продукта, Па·с;  $\Delta p$  — перепад давления, создаваемый экструдером, Па.

Для кольцевого отверстия  $k_\phi$  (м<sup>3</sup>) (рис. 13.8, а)

$$k_\phi = (\pi D + h)h^3 \cdot 10^{-9} / (12L_1),$$

где  $D$  — средний диаметр кольцевого отверстия,  $D = 2R - h$ ;  $h$  — ширина кольцевого зазора  $h = R - r$ ;  $R, r$  — радиусы сечений отверстий в матрице, м;  $L_1$  — длина канала в матрице, м.

Для конического отверстия  $k_\phi$ , м<sup>3</sup> (рис. 13.8, б)

$$k_\phi = 3\pi R^3 r^3 (R - r) \cdot 10^{-9} / 8L_1 (R^3 - r^3).$$

Для суживающегося или расширяющегося мелкого (щелевого) канала  $k_\phi$  (м<sup>3</sup>)

$$k_\phi = Bh_1^2 h_2^2 \operatorname{tg} \gamma / 3(h_1^2 - h_2^2),$$

где  $B$  — ширина канала, м;  $\gamma$  — угол наклона стенки к осевой плоскости, град;  $h_1, h_2$  — высота крайних сечений, м.

Для канала произвольного постоянного по длине сечения (рис. 13.9)

$$k_\phi = F / 2LP,$$

где  $F$  — площадь сечения, м<sup>2</sup>;  $L$  — длина канала, м;  $P$  — периметр сечения, м,

$$k_\phi = BH^3 f / 12L,$$

где  $B$  и  $H$  — соответственно максимальный и минимальный размер сечения, м;  $f$  — характеристика потока, зависящая от формы и размеров сечения;  $L$  — длина канала, м.

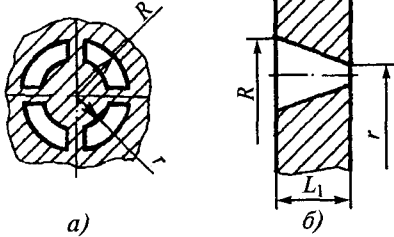


Рис. 13.8. Матрица с кольцевым (а) и коническим (б) отверстиями

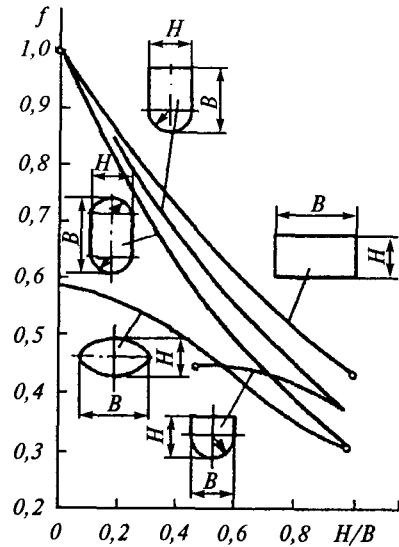


Рис. 13.9. Графики для определения характеристики потока  $f$  каналов различных поперечных сечений: 1 — прямоугольная; 2 — корытообразная; 3 — овальная; 4 — эллиптическая

Скорость продукта вдоль винтового канала  $v_z$  (м/с)

$$v_z = \Delta p (R^2 - r^2) / 4\mu L_2,$$

где  $\Delta p$  — перепад давления, создаваемый экструдером, Па;  $R, r$  — радиусы сечений отверстий в матрице, м;  $\mu$  — динамическая вязкость продукта, Па·с;  $L_2$  — длина шнекового канала, м.

Расходно-напорная характеристика нагнетающей части  $\Pi_n$  (м<sup>3</sup>/с)

$$\Pi_n = (k_{n1}\omega - k_{n2}\Delta p / \mu) 10^{-9},$$

где  $k_{n1}$  и  $k_{n2}$  — коэффициенты геометрии шнекового нагнетателя, м<sup>3</sup>,

$$k_{n1} = 10^{-9} \pi D_x B H \cos \varphi / 2,$$

$$k_{n2} = 10^{-9} B H^3 / (12 L_2),$$

где  $L_2$  — длина шнекового канала, м;

$$L_2 = 10^{-3} \sqrt{S^2 + [\pi(D_x - H)]^2},$$

здесь  $B$  — ширина шнекового канала, м.

Перепад давления, создаваемый экструдером,  $\Delta p$  (Па)

$$\Delta p = k_{n1}\mu\omega / (k_{n1} + k_{\phi}).$$

Производительность экструдера  $Q_s$  (м<sup>3</sup>/с)

$$Q_s = \omega k_{n1} k_{\phi} / (k_{n1} + k_{\phi}).$$

### 13.4. ОТЛИВОЧНЫЕ МАШИНЫ

**Отливочная машина «Гелиос-261»** (рис. 13.10) предназначена для отливки помадной массы в крахмальные формы. Она имеет закрепленные на станине цепной конвейер 1, питатель лотков 2, вибрационное 5 и очистительное 3 сита, поворотный механизм 6, выравнивающее устройство 7, шнеки заполнения 8, боковые 9 и нижнюю 10 щетки, штампующий 11 и отливочный 12 механизмы. Вибрационное и очистительное сита смонтированы внутри машины на выдвигаемой станине, что позволяет оперативно очищать или заменять их. Вибрационное сито разделено на щеточный 4 и ситовой ярусы. Сход с вибросита поступает на ленточный конвейер 14. Проход с очистительного сита 3 ссыпается на скребковый конвейер 13.

Отливочная машина комплектуется одним или двумя отливочными механизмами. Основная часть их — дозировочное устройство (рис. 13.11) с вертикальными поршнями. Хвостовики поршней 8 вставлены в паз траверсы 4, которая движется в направляющих 3, закрепленных на пластине 2 корпуса 1 загрузочной воронки. Поршни движутся в цилиндрах, выполненных в общей колодке 7. Уплотнение поршня осуществляется сальниковой набивкой 6 и гайкой 5.

Колодка цилиндров вставлена в паз корпуса воронки. В нижней части цилиндра находится золотниковая планка 11, совершающая возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа. В планке имеются каналы 12, соединяющие полость цилиндра с воронкой; расстояние между каналами равно шагу установки поршней и шагу осей цилиндров. Между каналами в планке просверлены отверстия 9. Когда золотниковая планка займет положение 11, а отверстия 9 соединят полости цилиндра с выходными насадками 10, канал 12 планки уйдет из-под цилиндра и разобьет цилиндр и воронку. При движении поршней вверх масса всасывается из воронки в цилиндр, при движении вниз выдавливается через насадки 10.

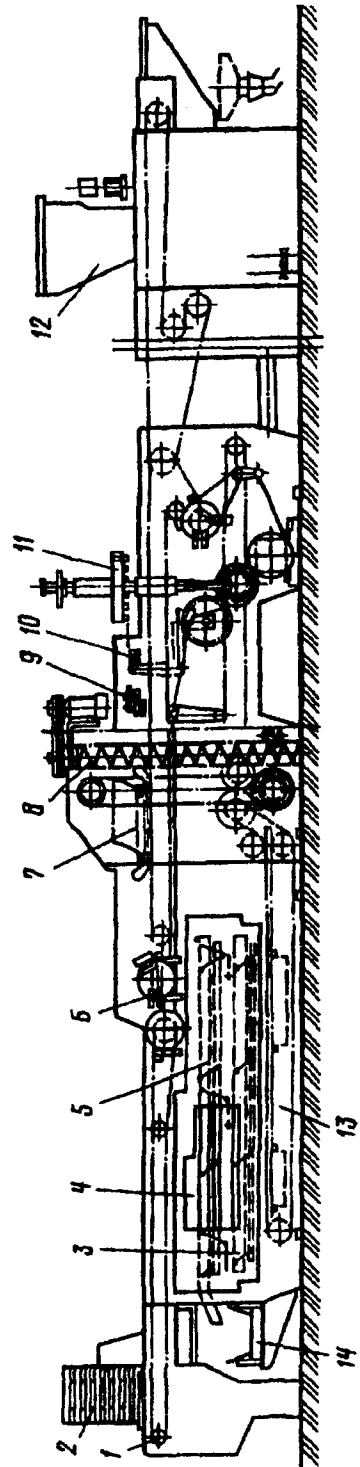


Рис. 13.10. Отливочная машина «Гелиос-261»

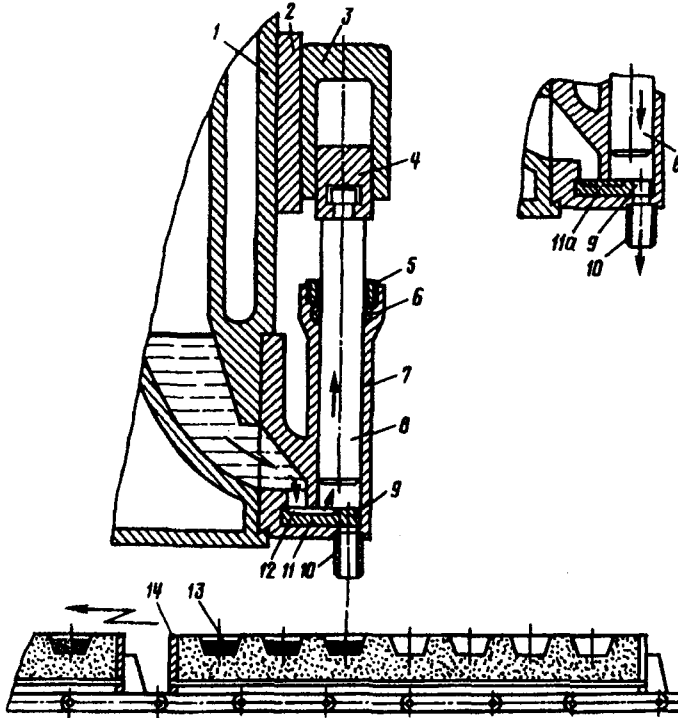


Рис. 13.11. Схема дозирующего устройства отливочного механизма

Число поршней равно числу ячеек 13 в поперечном сечении лотка 14, которые были выдавлены в крахмале штампующим механизмом.

### Техническая характеристика отливочной машины «Гелиос-261»

Производительность, кг/ч . . . . .	до 1200
Число отливочных механизмов . . . . .	2
Вместимость воронки, л . . . . .	132
Число отливов в минуту . . . . .	20...45
Число мерных цилиндров и поршней . . . . .	48
Установленная мощность, кВт . . . . .	11
Габаритные размеры, мм . . . . .	8785×2300×1150

Агрегат «Холько-Гелиос 171» (рис. 13.12) предназначен для формирования мелких однородных шоколадных изделий: плиток, монолитных шоколадных фигурок, медалей, листиков, пластинок. Производство таких изделий на крупных отливочных агрегатах нерационально из-за низкой производительности, большого удельного расхода энергии и труда.

Все узлы, связанные с синхронным перемещением форм, приводятся в действие одним главным электродвигателем 1 при помощи продольного главного приводного вала 2 с девятью редукторами 20. От каждого редуктора валами 21 с шарнирами Гука

приводится соответствующий узел автомата. Таким образом осуществляется жесткая кинематическая связь между всеми узлами. Управляется автомат с пульта 17. На пульте имеется цветная схема, подсвечиваемая контрольными лампами. Кроме того, каждый редуктор имеет электрическую блокировку и местную контрольную лампу, которая загорается при неполадке в узле, приводимом от этого редуктора. Кроме пульта управления имеются кнопки аварийной остановки автомата у отливочной и выколочной машин.

Формы не связаны с цепью и свободно перемещаются по направляющим гонками цепи. Транспортёр 9 перемещает формы в вертикальный шкаф, вмещающий 60 форм. В шкафу они сначала поднимаются вверх, а затем опускаются вниз и при этом обдуваются воздухом, подогретым в паровом калорифере. Для поддержания постоянной температуры форм  $31 \pm 1$  °С имеется автоматическая система регулирования 8, которая при повышении температуры отключает подачу пара в калорифер и включает пар при понижении температуры форм.

Все подогретые формы в одной рамке заполняются отливочной машиной 7 одновременно за один рабочий ход поршней. Вместимость приемной воронки отливочной машины 25 л. В ней имеется мешалка и две группы по 12 поршней с золотниками и одна сменная распределительная плита.

В рубашке воронки отливочной машины установлен электрический нагревательный элемент, термометр 6 с задающим устройством, центробежный насос для циркуляции воды, контрольная лампа и система автоматического регулирования температуры воды. В одну форму шоколадная масса может подаваться как одним, так и несколькими поршнями — это зависит от распределительной плиты и массы изделия. Машина снабжена контрольным рычагом, который включает отливочную машину лишь при наличии под плитой рамки с формами. Для обрыва нитей массы рамка при заполнении форм шоколадной массой приподнимается, а по прекращении поступления массы резко опускается.

Рамки с заполненными формами транспортёром 5 подаются на вибротранспортёр 3 с несколькими электродвигателями 4 привода дисбалансных механизмов. Амплитуду колебания направляющих вибротранспортера можно регулировать. Затем рамки с формами перемещаются поперечным транспортёром 19, при этом их боковые поверхности очищаются подпружиненными ножами от случайных потеков шоколадной массы. Застывают изделия в формах на горизонтальном транспортёре 18 и в вертикальном шкафу-кристаллизаторе 16. В нижнюю часть транспортёра 18 холодный воздух подается вентилятором из воздухоохладителя, находящегося в шкафу 16. В его нижней части находятся четыре осевых вентилятора, которые создают непрерывную циркуляцию воздуха через воздухоохладители, расположенные с двух сторон, и 10 ветвей вертикального транспортёра. В шкафу находится 300 форм. Воздух в воздухоохладителях охлаждается индивидуальной фреоновой охлаждающей установкой 15 холодопроизводительностью 18,56 кВт. Рамки с готовыми изделиями выводятся из шкафа транспортёром 14, при этом устройством 13 на рамку накладывается пластмассовая пластина. Устройство 13 состоит из магазина с пластинами и кулачка, приводимого в движение электродвигателем мощностью 0,1 кВт. Кулачок вытаскивает из стопы нижнюю пластину. Она ложится на перемещаемую транспортёром рамку, которая затем поступает в выколочную машину 12. В ней рамки поворачиваются на угол  $\pi$  рад.

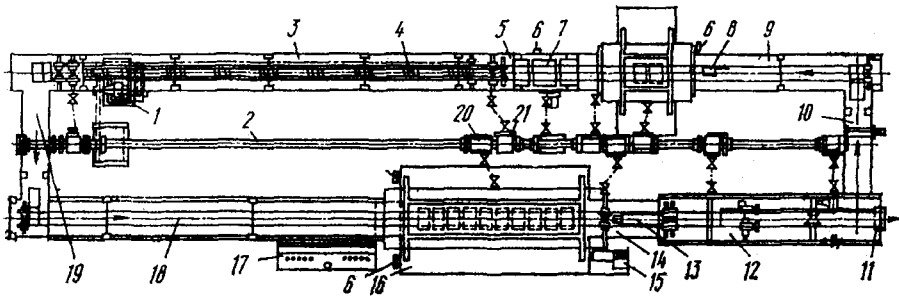


Рис. 13.12. Агрегат «Холько-Гелиос 171»

При ударе по рамкам рычагами изделия выпадают из форм на пластины. После повторного поворота на тот же угол рамки поперечным транспортером 10 подаются в шкаф для подогрева. Пластины с изделиями на них выводятся из выколочной машины на стол транспортером 11.

### Техническая характеристика агрегата «Холько-Гелиос 171»

Производительность, кг/ч . . . . .	109...306
Габаритные размеры рамки, мм . . . . .	275×175
Количество холода, кВт . . . . .	16,0
Мощность электродвигателей, кВт . . . . .	7,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	12700×3700×3170

**Конфетоотливочный автомат с вертикальными мерными цилиндрами** (рис. 13.13) предназначен для получения из бесформенной полужидкой или жидкой конфетной массы (помадной, фруктово-желейной, желеино-мармеладной и т.п.) простых и сложных конфет определенной формы и массы. Отливочный автомат имеет вертикальные мерные цилиндры и плоский золотник, движущийся возвратно-поступательно. Электродвигатель для привода машины присоединяется к шкиву 7.

Лотки из шкафа ускоренной выстойки транспортером подаются на опрокидыватель 27, с него в наполнитель 25, а затем под штамп 29 и под воронку 3.

Движение от отливочного механизма к транспортерам, опрокидывателю и штампу передается валом 21 через многоступенчатую коробку скоростей 16. Рукояткой 17 изменяют передаточное отношение в ней в зависимости от числа поперечных рядов форм в лотке. Штурвалом 23 регулируют положение штампа над лотком, а винтами 24 выверяют горизонтальность штампа. Число отливов меняют, переставляя накидную шестерню в коробке скоростей поворотом рукоятки 6.

Формы в одном лотке имеют постоянный шаг. Расстояние между последним их рядом в предыдущем и первым рядом в последующем лотке всегда оказывается больше постоянного шага в одном лотке, так как между двумя лотками имеется упор, толкающий предыдущий лоток. Чтобы формы всегда оказывались под насадками отливочного механизма, транспортер 4 должен совершать разные перемещения. Его сложное движение осуществляет механизм, состоящий из кривошипа 10, качающейся кулисы 12, коромысел 13 и 15 с собачками, храповых колес 1 и 2 и пары шестерен 18 и 19, жестко связанных с приводными звездочками 20 транспортера 4.

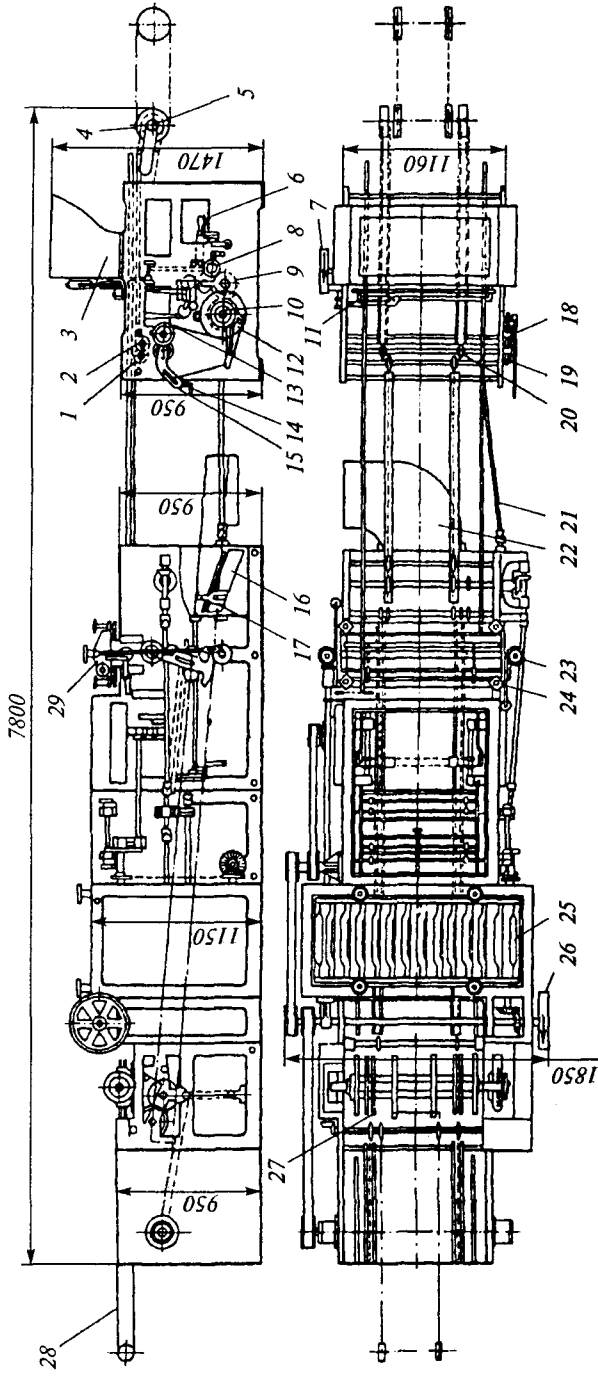


Рис. 13.13. Конфетоотливочный автомат с вертикальными мерными цилиндрами

Работает этот механизм так: при вращении коромысла 13 по часовой стрелке, а коромысла 15 в противоположном направлении собачка коромысла 13, находясь в зацеплении с зубом храпового колеса 2, поворачивает его и звездочку 20 вместе с собой, перемещая транспортер 4 на расстояние между соседними рядами формочек в одном лотке. Собачка коромысла 15 в это время скользит по гладкой поверхности храпового колеса 1 и не передает ему вращения. Храповое колесо 1 при этом поворачивается, получая движение от храпового колеса 2 через шестерни 18 и 19.

Затем коромысла 13 и 15 вращаются в противоположном направлении, тогда собачки скользят по храповым колесам и транспортер 4 остается неподвижным. После нескольких поворотов храповых колес собачки коромысел 13 и 15 окажутся в зацеплении с зубьями храповых колес 1 и 2. Тогда вследствие того, что коромысло 15 вращается с большей угловой скоростью, чем коромысло 13, транспортер получит движение от храпового колеса 1 и переместится на большее расстояние. При этом зубья храпового колеса 2 обгоняют вращающуюся собачку коромысла 13.

Эксцентрик 9 приводит в движение поршни. Их ход регулируется рукояткой 14, с помощью которой перемещается ползун 5 в пазу кулисы 8 до получения нужной порции. Золотник 11 сменный. Он также имеет регулировку хода. Механизмы, не связанные кинематическими соотношениями: вентиляторы, сита, — приводятся от другого электродвигателя, соединенного со шкивом 26.

Готовые конфеты выходят из автомата по лотку 22.

Мерные цилиндры автомата показаны на рис. 13.14. Бачок 4 имеет вместимость 70 дм<sup>3</sup> и снабжен водяной рубашкой для поддержания требуемой температуры конфетной массы. При движении поршней 6 вверх конфетная масса попадает из бачка в мерные цилиндры через отверстия золотника 7. Мерные цилиндры сделаны в общей объемной колодке 5, прижатой к бачку 4 планкой 12.

Это позволяет легко заменить колодку другой, с иным количеством мерных цилиндров. Сальниковое уплотнение 3 обеспечивает герметичность мерных цилиндров. Поршни всех мерных цилиндров вставлены в паз общего ползуна 2, который движется возвратно-поступательно по направляющим 1. Шатун 13 от приводного механизма ввернут в серьгу 14 и закреплен гайкой. Серьга надета на ось 15, которая находится в ползуне 2.

При замене колодки и чистке мерных цилиндров отвертывают ось 15 и освобождают ползун, после чего его легко вынуть со всеми поршнями, если повернуть направляющие 1 на осях 16. Когда поршни поднимутся в крайнее верхнее положение, золотник 7 переместится на половину расстояния между отверстиями 8 в золотниковой планке, показанными пунктиром. Они сообщают мерные цилиндры с отверстиями в насадках 11. При движении поршней вниз конфетная масса выдавливается через насадки в неподвижные формы. По заполнении одного ряда форм лоток переместится и подведет под насадки следующий ряд форм. Ход сменного золотника регулируется. При установке колодки с другим количеством мерных цилиндров одновременно заменяется и золотник. Ползун, который перемещает золотник 7, движется по пазу 9 в планке 10, закрепленной винтами.

Этот дозирующий механизм, как и любой другой, разбирается для мойки и чистки без применения инструмента. Для устранения кристаллизации сахара на плунже-рах иногда устанавливаются ванночки или другие системы с циркулирующей или проточной водой. Перед сборкой после мойки механизм высушивается.



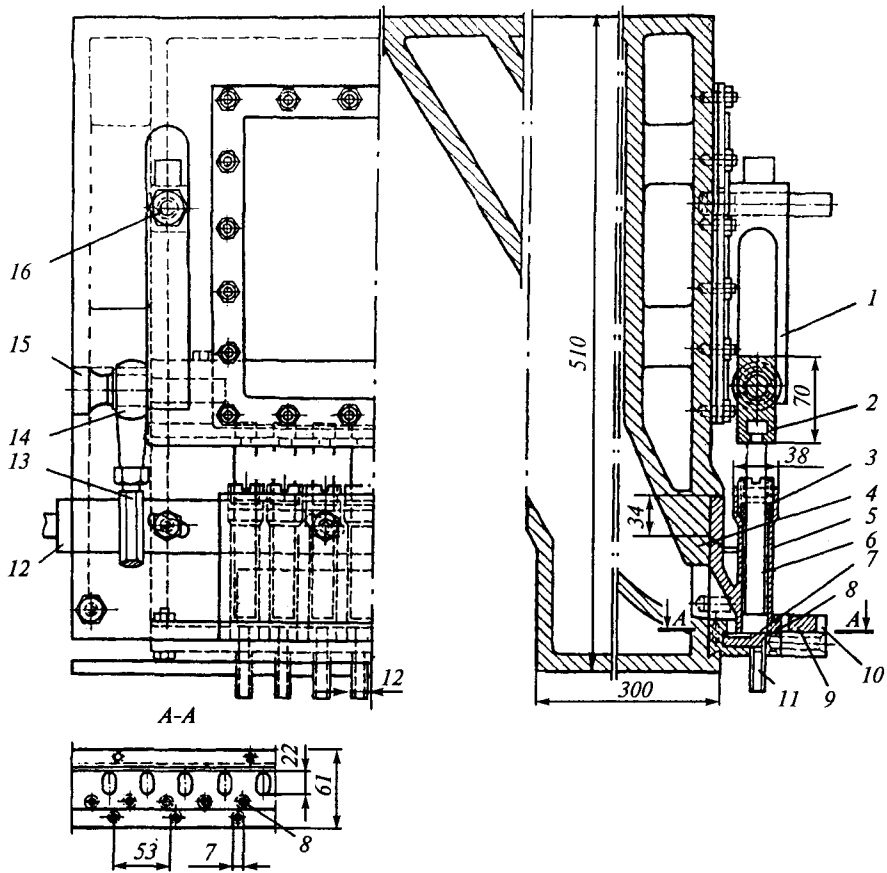


Рис. 13.14. Мерные цилиндры

Проходные сечения выбираются возможно большими и по возможности без изменения направлений течения.

Таким образом, в автомате имеются как цепи с жесткими связями (отливочная машина, транспортеры для лотков), так и цепи, в которых кинематическая связь не жесткая (ситы, щетки, выравниватели, вентиляторы).

Эти узлы могут приводиться даже от самостоятельных электродвигателей.

Техническая характеристика конфетоотливочного автомата с вертикальными мерными цилиндрами приведена в табл. 13.6.

**Конфетоотливочный автомат с горизонтальными мерными цилиндрами** (рис. 13.15) состоит из тех же узлов, что и предыдущий, но конструктивно несколько иначе выполненных. Отливочный механизм автомата имеет горизонтальные мерные цилиндры и параллелепипедный золотник, движущийся возвратно-поступательно.

Мерный цилиндр изображен на рис. 13.15, а. При движении поршней 5 вправо конфетная масса поступает из бачка 1, обогреваемого водой, через золотник 3 в мерные цилиндры колодки 2. Когда поршни придут в крайнее правое положение, золотник перемещается в направлении, перпендикулярном движению поршня, на половину расстояния между поршнями. Конфетная масса при движении поршня вле-

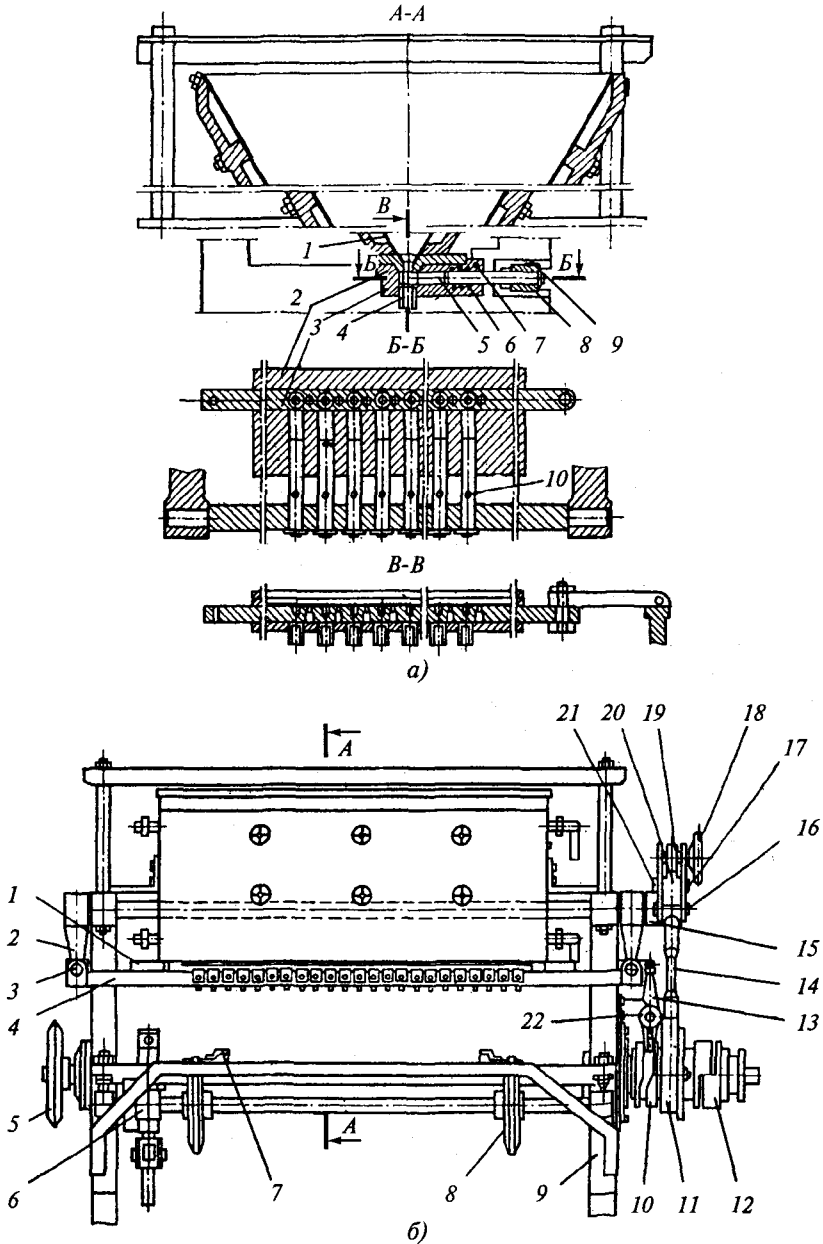


Рис. 13.15. Конфетоотливочный автомат с горизонтальными мерными цилиндрами и параллелепипедным золотником:

*a* — мерный цилиндр; *б* — приводные механизмы

во выталкивается через насадки 4 в формы. Поршни всех мерных цилиндров вставляются в планку 8 и закрепляются уголками 9. В мерных цилиндрах поршни уплотняются пружинящими разъемными кольцами 6. Несмотря на уплотнение, очень небольшое количество конфетной массы все же проходит и засахаривает

поршни, затрудняя их движение. Для устранения засахаривания имеются отверстия 7, по которым подается вода для растворения и смыва конфетной массы. На нижнюю поверхность поршня вода попадает порциями через отверстия 10 в поршнях во время совпадения их с отверстиями 7.

На рис. 13.15, б показан привод поршней и золотника. Звездочка 5 является ведущей для механизма отливки. Она вращает вал, на котором закреплен эксцентрик 11, шатуном 14 приводящий в колебательное движение кулису 15. Кулиса поворачивается вокруг неподвижной оси 16. Второе ее плечо шатуном 2 соединено с поршневой планкой 4, которой закреплены поршни мерных цилиндров. Планка движется по пазам в станинах 9. Винт 3 позволяет легко отделить поршневую планку от шатуна 2, после чего поршни вынимаются из мерных цилиндров.

Положение ползуна 17 изменяют вращением штурвала 18, предварительно отвернув на два оборота гайки 21. На одном валу со штурвалом 18 находится шестерня 19. При вращении штурвала она перекачивается по рейке 20, передвигая ползун 17. Его положение на кулисе 15 определяет ход поршня. После передвижения ползуна снова заворачивают гайки 21. Если надо получить ход поршня больше, чем это может дать прорезь в кулисе 15, то изменяют эксцентриситет эксцентрика 11. При изменении хода поршневой планки штурвалом 18 поршни могут упереться в золотниковую планку. Отодвигаются они от золотниковой планки изменением длины одного из шатунов — 14 или 2. Регулировка на двух шатунах сделана из-за слишком широкого диапазона регулирования хода поршня.

Золотник 1 приводится в движение цилиндрическим кулачком 10. В его пазу находится ролик, который закреплен на двуплечем рычаге 13. Рычаг поворачивается вокруг оси 22. Второе плечо рычага 13 соединено с золотником 1, имеющим постоянный ход. Муфта 12 с несимметричными кулачками позволяет включить отливочный механизм лишь при правильном положении его звеньев относительно механизмов остальных машин, составляющих агрегат. Лотки с формочками движутся по направляющим 7 цепного транспортера. Его ведущие звездочки 8 периодически поворачиваются муфтой обгона 6.

Техническая характеристика конфетоотливочного автомата с горизонтальными мерными цилиндрами приведена в табл. 13.3.

Таблица 13.3. Техническая характеристика конфетоотливочных автоматов

Показатель	Тип автомата		
	с вертикальными цилиндрами	с горизонтальными цилиндрами	с порядным заполнением форм
Производительность, кг/ч	670...1030	600...1000	400...800
Установленная мощность, кВт	3,5	3,5	3,7
Вместимость бака, дм <sup>3</sup>	70	75	100
Число насадок	24	24	24
Количество отливок в минуту	47...72	40...70	40...80
Габаритные размеры, мм	6500×2650×1800	6500×2650×1800	12235×2600×17000

**Конфетоотливочный автомат, наполняющий формы в три приема** (рис. 13.16), наполняет порядно формы в несколько приемов; имеет и отливочные механизмы, у которых мерные цилиндры вертикальные, а золотники цилиндрические.

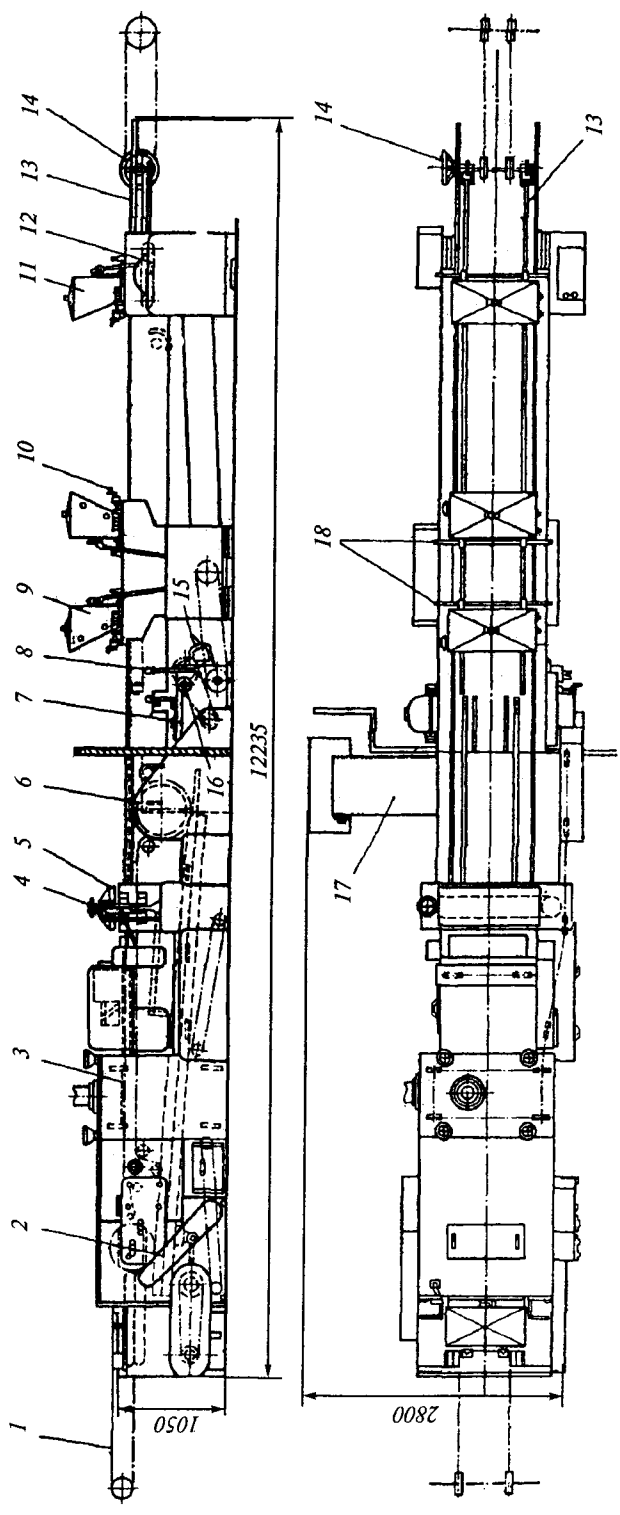


Рис. 13.16. Конфетозаливочный автомат, наполняющий формы в три приема

Лотки с конфетами подаются из охлаждающей камеры установки ускоренной выстойки транспортером 1 в опрокидыватель 2, где из лотков высыпаются формовочный материал и конфеты. Наполнитель 3 наполняет и выравнивает в лотках формовочный материал. Через наполнитель и штамп проходит один транспортер, приводимый крановым механизмом 6. Штампующий механизм отштамповывает формы, штурвалом устанавливают положение штампа над лотком. Сдвоенный отливочный механизм 9 заполняет формы конфетной массой лишь частично, а отливочный механизм 11 — окончательно.

После выстойки конфеты отделяются от формовочного материала так же, как описано выше. В коробке 12 расположен приводной механизм для транспортера 13, общего для трех отливочных механизмов. Штурвалом 14 его можно поворачивать вручную. Рукоятками 10 смещают отливочные механизмы вдоль станины, добиваясь того, чтобы насадки всех отливочных механизмов приходились над формами в лотках. Рукояткой 8 выключают муфту, которая соединяет приводной шкив с главным валом коробки скоростей 7. Рукояткой 15 переставляют накидную шестерню в коробке скоростей, изменяя количество отливов в минуту. Штурвалом 16 передвигают набор шестерен в коробке скоростей. Транспортер 17 отводит конфеты. Рукояткой 18 отключают отливочные механизмы.

Отливочные механизмы этого автомата имеют вертикальные цилиндры и напоминают по устройству ранее рассмотренные. Они отличаются лишь конструкцией золотника. Левый отливочный механизм 9 наиболее сложен (рис. 13.17). Его конструкция позволяет отливать очень вязкую и тягучую массу.

Общая колодка 3 имеет цилиндры, внутрь которых вставлены цилиндрические золотники 7 с дном. В боковой поверхности золотника имеется отверстие 4, через которое конфетная масса попадает внутрь золотников при движении поршней 8 вверх. Поршни уплотнены в золотнике кожаными кольцами 5. Все поршни вставлены в паз общего ползуна 9, который движется возвратно-поступательно в направляющих 10. Когда поршни приходят в крайнее верхнее положение, все золотники поворачиваются планкой 11. Внутренняя полость золотника разобщается с бачком и сообщается с колодкой 2 отверстиями, имеющимися в днище каждого золотника 7. Таким образом, мерным цилиндром является сам золотник, притертый к цилиндру в колодке 3, которая легко может быть заменена колодкой с другим количеством цилиндров. Все золотники удерживаются в цилиндрах общей планкой 6. Через отверстия в колодке 2 масса поступает к неподвижным цилиндрам 12. Каждому поршню 8 соответствует неподвижный цилиндр с подвижной насадкой 13, притертой к цилиндрам.

Все насадки вставлены в общий паз ползуна 14, которому от кулачка 21 сообщается возвратно-поступательное движение по направляющим 15.

При движении поршней 8 вниз масса выдавливается через насадку 13, которая входит внутрь заполняемой формы. Как только наполнение формочки закончено, насадки с ускорением около  $40 \text{ м/с}^2$  поднимаются вверх, обрывая нити, соединяющие массу в формах с массой в насадках.

Необходимое нижнее положение насадок устанавливается штурвалом 17, который при помощи конической пары 16 и 18 ввертывает винт 19 в тягу 20, поднимая этим ползун 14 с насадками 13. Такое устройство для обрыва нитей конфетной массы более совершенно, чем в полуавтомате для фигурного шоколада. При отливке обычных помадных и других не очень тягучих масс колодка 2 заменяется другой, имеющей цилиндрические насадки. Через них конфетная масса выдавливается в формы.

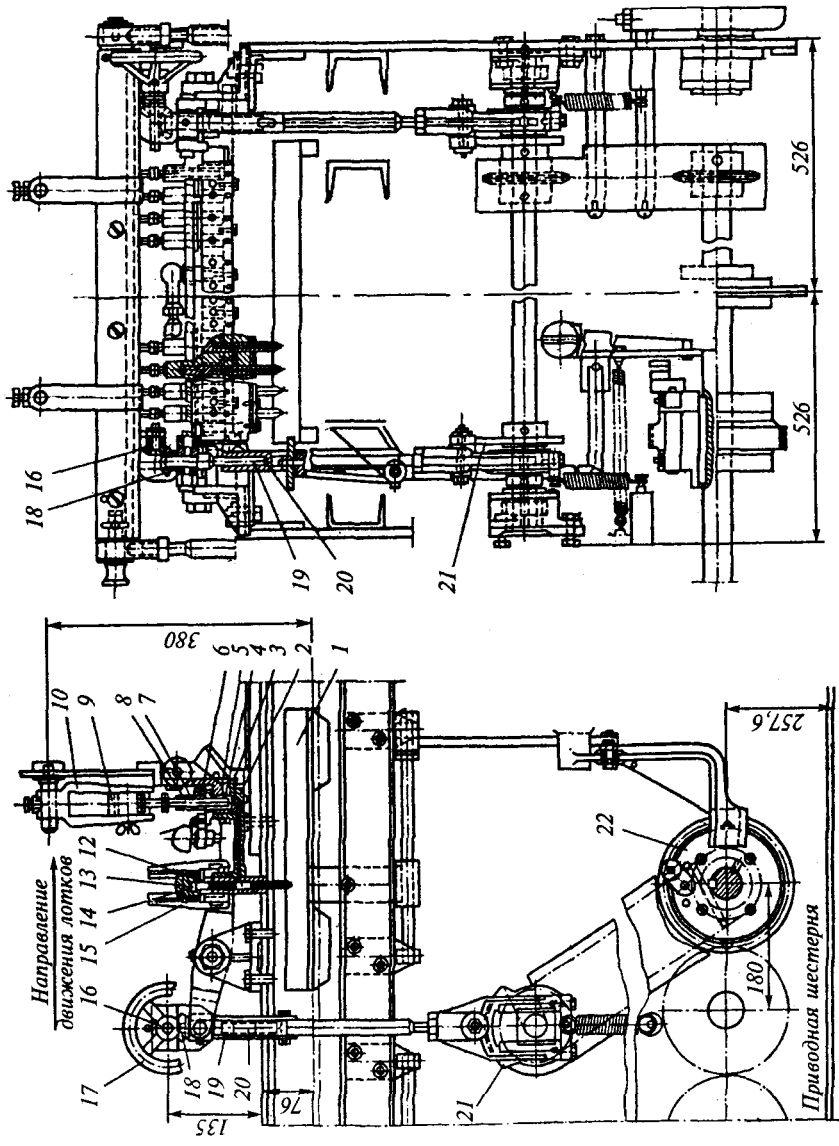


Рис. 13.17 Отливочная машина для тянущихся конфетных масс

Отливочный механизм имеет у каждого дозирующего механизма муфту 22, которая отключает его при отсутствии лотка под насадками. Каждая муфта управляется своим роликом 1 через систему рычагов. Муфты имеют такое же устройство, как муфты автомата для фигурного шоколада.

Техническую характеристику конфетоотливочного автомата, наполняющего формы в три приема, см. в табл. 13.3.

**Мармеладоотливочный агрегат ШФ1-М6** предназначен для производства формового яблочного и желейного мармелада разливкой массы в формы. На агрегате выполняются следующие операции: дозирование вкусовых и красящих веществ и перемешивание их с мармеладной массой; одновременная отливка в формы мармеладной массы четырех цветов; желирование мармелада в формах; извлечение мармелада из форм на лотки; посыпка желейного мармелада сахаром; подача лотков от питателя к механизму выборки; мойка форм.

Мармеладоотливочный агрегат ШФ1-М6 (рис. 13.18) состоит из камеры желирования, отливочной головки, конвейера с формами и питателя лотков. Смесь кислоты, красителя и эссенции перемешивается с мармеладной массой в вертикальном бункере 3.

Таких бункеров на агрегате четыре, следовательно, можно готовить мармеладную массу четырех цветов. Порция подготовленной мармеладной массы насосами-дозаторами 4 по трубопроводу 5 перекачивается в соответствующие секции бункера 6. Бункер имеет четыре секции и снабжен рубашкой для циркуляции горячей воды. Температуру массы контролируют термометром 7. Внутри бункера находится вал с лопастями, которые непрерывно перемешивают массу, не допуская ее накопления на стенках бункера.

К нижней части бункера прикреплена золотниковая коробка 8, в которой находятся 20 вертикальных плунжеров и золотников. Привод плунжеров и золотников осуществляется через систему рычагов от кулачкового вала. Объем разливаемой мармеладной массы регулируется как с общего привода, так и с каждого плунжера отдельно, что позволяет добиться точной дозировки порции.

Устройства подготовки и отливки мармеладной массы расположены над конвейером 9 с формами. Он состоит из двух бесконечных цепей с закрепленными на них четырьмя пластинами, каждая из которых имеет два ряда выштампованных формочек различной конфигурации с рельефным рисунком. Объем формочки рассчитан на одно изделие массой 14 г.

Формы с отлитой в них мармеладной массой направляются в камеру желирования 2, которая представляет собой закрытый теплоизолированный шкаф, разделенный на два отделения. В верхнем отделении находится воздухоохладитель, состоящий из двух рассольных батарей и вентиляторной установки. Воздух, проходя через воздухоохладитель, охлаждается и затем подается для охлаждения мармелада. На перекрытии камеры желирования установлено два патрубка 7 прямоугольного сечения для подсоса свежего воздуха и удаления увлажненного. Патрубки перекрываются шиберными заслонками.

По окончании желирования формы с мармеладом в перевернутом виде выводятся из камеры желирования и поступают к механизму выборки, который установлен внутри станины машины и состоит из подогревателя и пневматического встряхивателя. При нагревании поверхность изделий оплавляется и у них ослабляется связь с материалом форм. Кроме того, к тыльным сторонам ячеек, в которых просверлено 8...10 отверстий диаметром 0,3 мм, подводится сжатый воздух. Под давлением воздуха выталкивает мармелад на лотки.

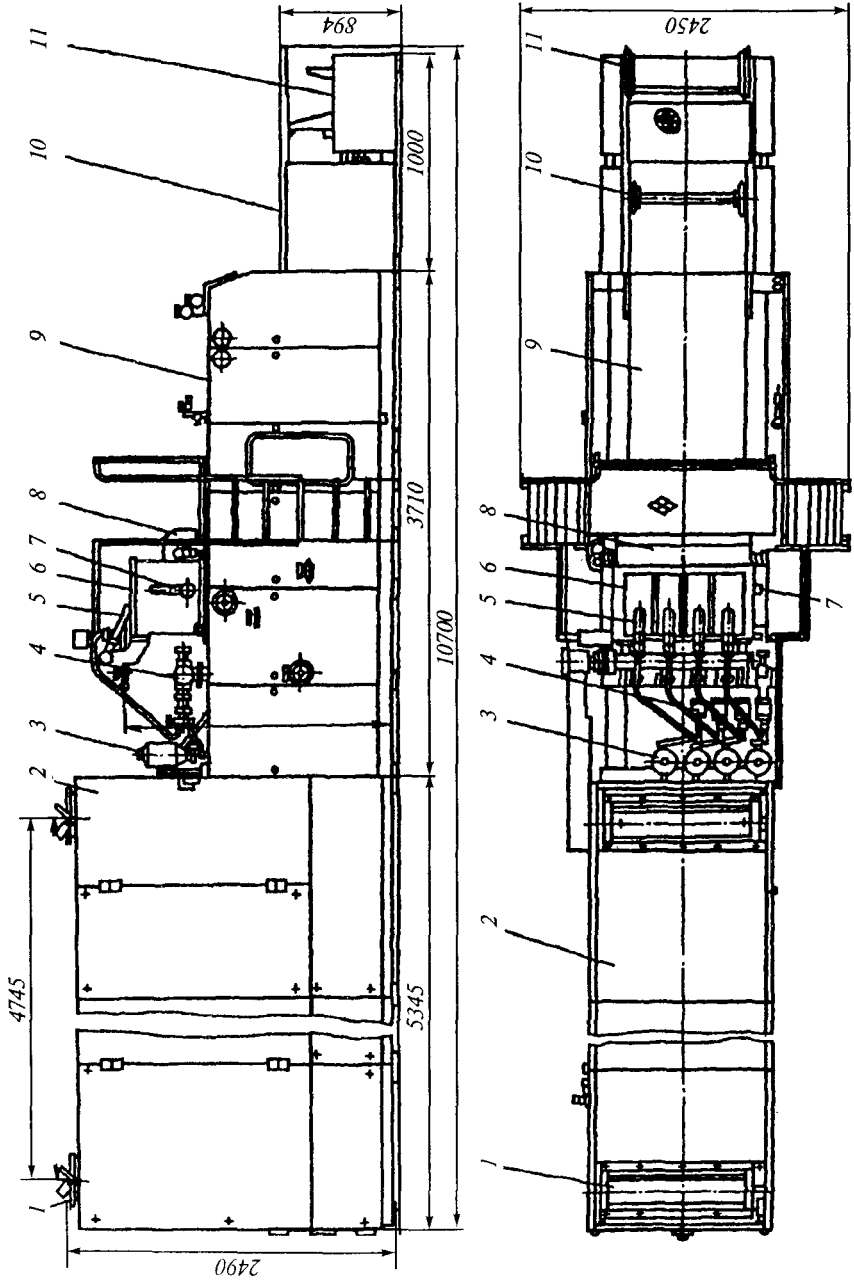


Рис. 13.18. Мармеладогливочный агрегат ШФ1-М6



Лотки устанавливаются в бункер подающего конвейера 11, который отделяет и стопки один нижний лоток 12 и вводит его в машину. Системой двух вертикальных лоточных конвейеров лоток поднимается к механизму выборки и после заполнения мармеладом выводится из машины конвейером 10.

При переходе на выпуск железного мармелада на конвейер 10 подачи лотков дополнительно устанавливают ленточный конвейер, на который производится выборка мармелада. Конвейер сбрасывает мармелад в лотки с сахаром. Время желирования может изменяться с помощью вариатора, входящего в привод агрегата.

### Техническая характеристика мармеладоотливочного агрегата ШФ1-М6

Производительность, кг/ч . . . . .	1200
Число отливо в минуту . . . . .	20...45
Число мерных цилиндров и поршней . . . . .	20
Установленная мощность, кВт . . . . .	10
Габаритные размеры, мм . . . . .	10700×2450×2490

**Отделочная машина БЭО** (рис. 13.19, а) предназначена для наполнения заготовок пирожных кремом и отделки верхней поверхности. Основные части машины — горизонтальный цепной конвейер 1 с ячейками 2, механизм 3 ориентирования заготовок, нагнетатель начинки 8, намазывающее устройство 9, а также привод. В механизм 3 входят девять наклонных лотков 7, разделенных перегородками 4, и гребенка 5, соединенная цепной передачей 6 с приводом.

Нагнетатель начинки (рис. 13.19, б) имеет емкость 5, на выходе из которой установлена золотниковая коробка 4 с золотником 7. Он последовательно соединяет емкость 5 с поршневой коробкой 3.

Размещенный внутри нее поршень 2 содержит полую иглу 8, служащую одновременно для прокалывания заготовки 20 и наполнения ее внутренней полости начинкой. Поршень 2 соединен с приводом 1.

Ось иглы совпадает с осью заготовки 20, расположенной в ячейке 19 цепного конвейера. К игле 8 по всей ее длине прикреплена прямоугольная пластина 9, предотвращающая поворот заготовки на игле. В емкости 5 находится диск 6, который силой своей тяжести подпрессовывает начинку.

Намазывающее устройство содержит емкость 15 с водяной рубашкой 14 для отделочного полуфабриката. На выходе из нее размещена золотниковая коробка 13 с золотником 12, соединяющим последовательно емкость 15 с поршневой коробкой 16 с размещенным внутри нее поршнем 17 и поршневую коробку 16 с полую насадкой 11, через которую на верхнюю поверхность заготовки наносится отделочный полуфабрикат. Отверстие насадки 11 для выхода отделочного полуфабриката расположено над отверстием иглы 8 для вывода начинки.

В одной вертикальной плоскости с иглой 8 и насадкой 11 установлено приспособление для надвигания на иглу и съема с нее заготовки, выполненное в виде скобы 10, жестко соединенной со штоком, сообщающим скобе от привода 18 возвратно-поступательное движение. В скобе со стороны иглы выполнено отверстие для ввода и вывода ее.

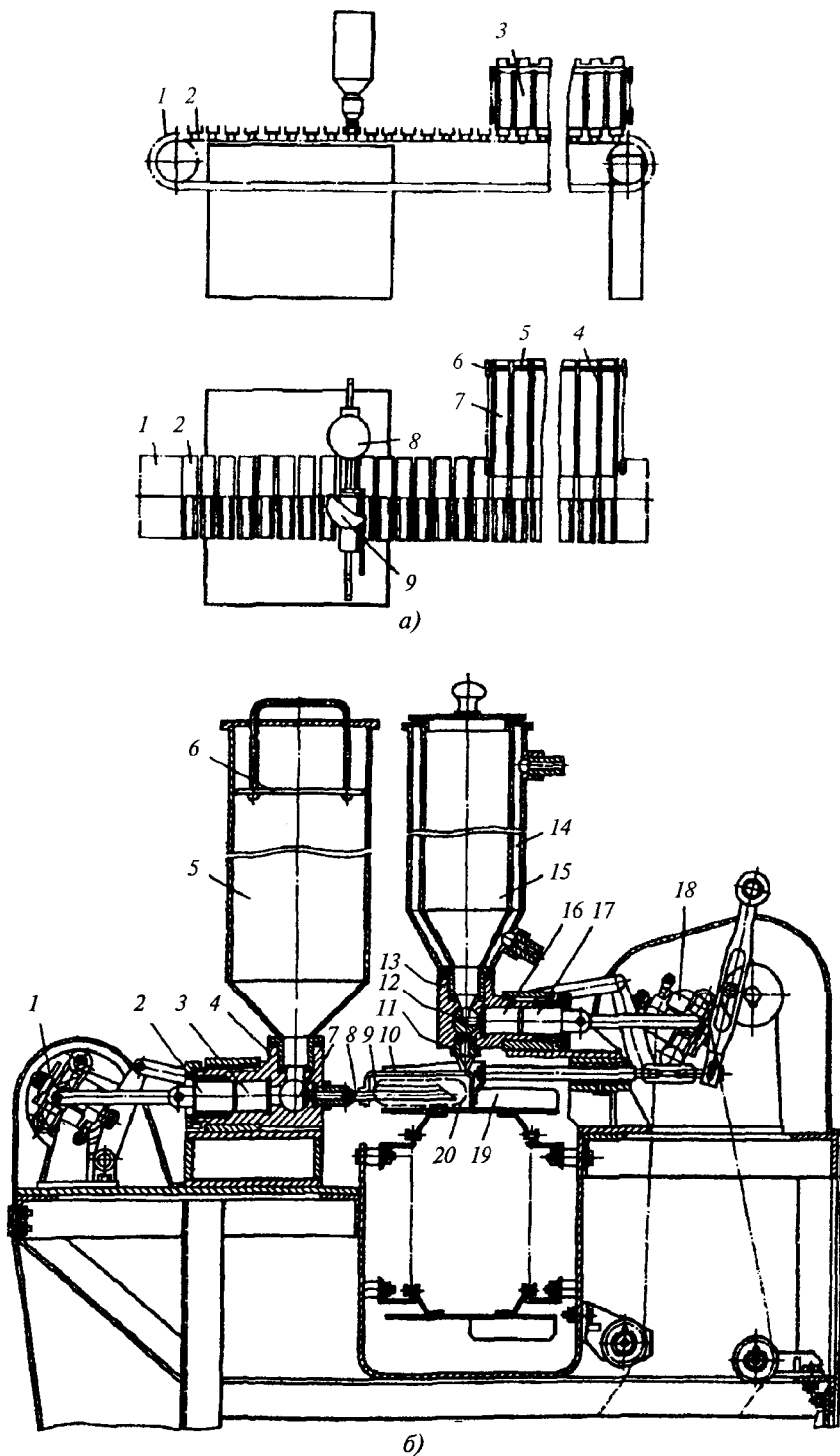


Рис. 13.19. Отделочная машина БЗО:

*a* — общий вид; *б* — разрез нагнетателя начинки и намазывающего устройства

**Техническая характеристика отделочной машины БЭО**

Производительность заготовок в час . . . . .	до 1000
Вместимость емкостей дозаторов, дм <sup>3</sup> . . . . .	до 12
Установленная мощность, кВт . . . . .	1,1
Габаритные размеры, мм . . . . .	3200×1060×1570

**Инженерные расчеты.** Теоретическая производительность отливочной машины для шоколадных изделий (кг/ч)

$$P_r = 3600 J_1 / (Tz),$$

где  $J_1$  — количество форм по ширине рамки, шт.;  $T$  — период заполнения одного ряда форм шоколадной массой, с;  $z$  — число изделий в 1 кг.

Иногда производительность отливочной машины определяют по количеству выпущенных рамок  $\Pi$  (шт/ч)

$$\Pi = 3600 J_1 J_2 G_0 / T_p,$$

где  $J_1$  и  $J_2$  — число форм в рамке по ее ширине и длине, шт.;  $G_0$  — масса одного изделия, кг;  $T_p$  — интервал времени, через который из машины выходит одна рамка, с.

Перед подачей в отливочную машину формы нагреваются. Время нагрева рамки с формами массой  $G_\phi$  (кг) и с удельной теплоемкостью  $c$  от температуры  $t_{\phi,н}$  до  $t_{\phi,к}$  в воздухе с температурой  $t_0$  определяется формулой

$$\tau_n = \frac{G_\phi c}{\alpha_k F_\phi} \ln \frac{t_0 - t_{\phi,н}}{t_0 - t_{\phi,к}},$$

где  $\alpha_k$  — коэффициент теплопередачи от воздуха к форме, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F_\phi$  — полезная площадь поверхности рамки, м<sup>2</sup>.

При равномерном движении рамки с формами со скоростью  $v_p$  длина шкафа для подогрева

$$L = v_p \tau_n,$$

где  $\tau_n$  — продолжительность нагрева рамок, с.

Производительность мармеладоотливочного агрегата  $\Pi$  (кг/ч)

$$\Pi = 60 m n q,$$

где  $m$  — число поршней дозирующего устройства, шт.;  $n$  — число отливов в минуту;  $q$  — средняя масса мармелада в одной ячейке формы, кг.

**13.5. МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ШТАМПОВАНИЕМ  
И ОТСАДКОЙ**

**Машина ШРМ** (рис. 13.20, а) предназначена для получения из пластичного теста заготовок печенья определенной формы и размера с рисунком на поверхности.

Она выдает заготовки на сетчатый транспортер одноленточной печи. Транспортером тесто подается в загрузочную воронку 7. В ней тесто захватывается рифленным валком 6 и формирующим ротором 10. Ротор имеет углубления, заполненные пластмассой или оловом, с отштампованной формочкой для заготовки печенья. Рифленный

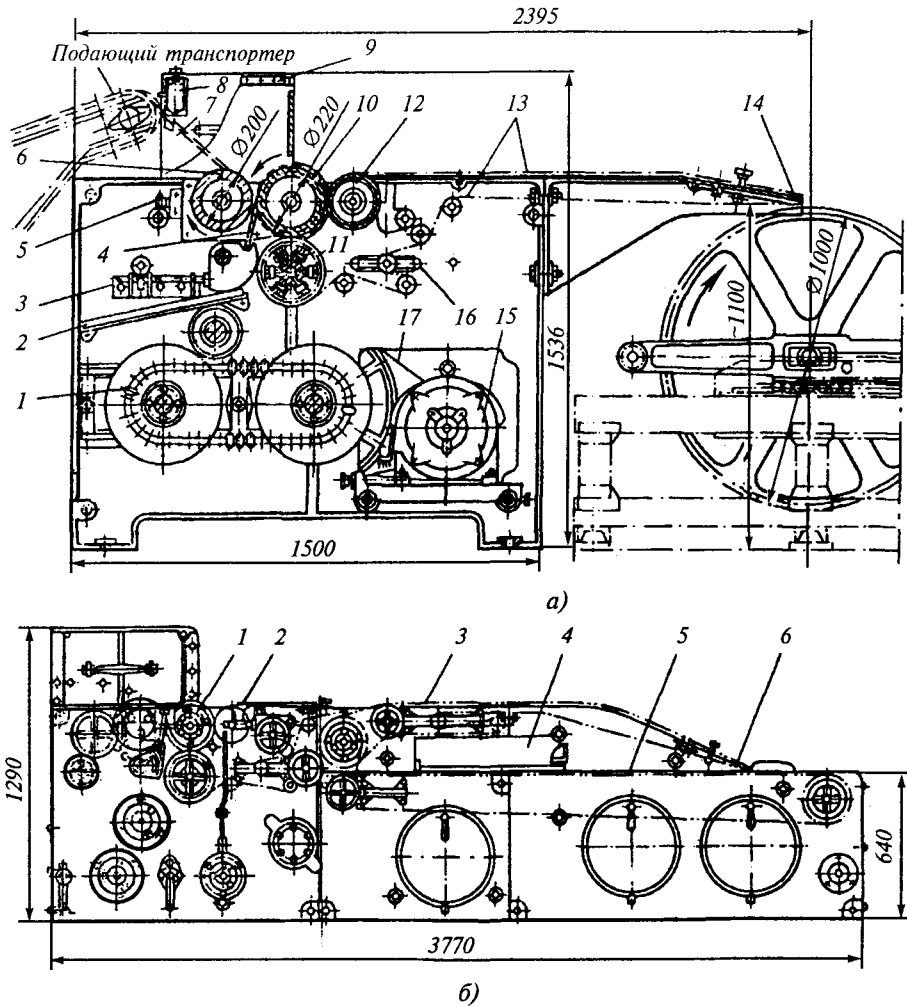


Рис. 13.20. Ротационные формующие машины:  
а — ШРМ; б — РМБ-1

валок запрессовывает тесто в формочки. Нож 4 очищает ротор от лишнего теста. Остается лишь тесто в формочках. Тесто, снятое ножом с ротора, налипают на рифленый валок в виде слоя. Часть теста отлипает от валка и падает на лоток 2.

Для регулирования плотности запрессованного теста в формочки подшипники рифленого валка передвигаются червячно-винтовым механизмом 5. С уменьшением зазора увеличивается уплотнение теста. Положение ножа 4 регулируется червячно-винтовым механизмом 3.

Лента 13 огибает ведущий барабан 11, формующий ротор 10, направляющий барабан 12 и направляющий нож 14. Ведущий барабан собран из раздвижных обрезиненных сегментов. Они прижимают ленту к заготовкам в формочках ротора. Прилипание заготовок к ленте больше, чем к формочкам, поэтому при отходе ленты от ротора вместе с ней движутся заготовки. При огибании лентой направляющего ножа заготовки переходят на сетку одноленточной печи. Лента 13 натягивается устройством 16.

Машина приводится от электродвигателя 15 при помощи ременной передачи 17 и вариатора скорости 1. Им регулируется скорость всех рабочих органов. Скорость ленты 13 дополнительно регулируется изменением положения раздвижных сегментов ведущего барабана 11.

Загрузочная воронка машины имеет защитную решетку 9. При ее подъеме выключатель 8 обесточивает электродвигатель.

Переход с одной формы заготовок к другой сопровождается заменой ротора.

Техническая характеристика ротационной формующей машины ШРМ приведена в табл. 13.4.

**Ротационная машина РМБ-1** (рис. 13.20, б) укладывает заготовки на противни. У нее такой же формующий механизм 1, как и у машины ШРМ. Отштампованные заготовки транспортером 2 загружаются на ленту 3 передающего транспортера. При огибании лентой ножа 6 заготовки поступают на противни, которые подает цепной транспортер 5. На его цепь противни загружаются через боковое окно 4.

Между противнями, движущимися по транспортеру, имеется зазор. Длина окружности ротора этой машины равна шагу противней на транспортере или расстоянию между упорами цепи.

Формочки на роторе имеются лишь на дуге, соответствующей длине противня. На роторе имеется полоса без формочек. Ее ширина равна зазору между противнями. Так исключается попадание заготовок в зазор между противнями.

Малопроизводительные ротационные машины для небольших цехов настольные типа РМП-2 и смонтированная на специальной станине РМП-3М, отличаются от рассмотренных лишь размерами.

Техническая характеристика ротационных формующих машин РМБ-1, РМП-2 и РМП-3М приведена в табл. 13.4.

Таблица 13.4. Техническая характеристика ротационных штампующих машин

Показатель	ШРМ	РМБ-1	РМБ-2	РМП-3М
Производительность, кг/ч	875	375...1000	85	100...1803
Длина ротора, мм	850	650	144	280
Диаметр ротора, мм	625	220	202	—
Угловая скорость ротора, рад/с	1,2...2	1	0,5...1	—
Мощность электродвигателя, кВт	4,5	3,5	0,6	1,1
Габаритные размеры, мм	2395×1705× ×1535	3770×1600× ×1290	890×570× ×663	1840×530× ×1240
Масса, кг	2010	1780	150	280

**Машина А2-ШФЗ** (рис. 13.21) предназначена для формования заготовок из пряничного теста с укладкой заготовок на противни.

Она состоит из станины 1, головки 2, механизма струнной резки 3, цепного конвейера 4, электрошкафа 5 и пульта управления 6.

В станине расположены два независимых регулируемых привода, которые приводят в движение рифленые вальцы, механизм струнной резки и цепной конвейер.

Внутри головки размещены два вальца, а к нижней части крепятся сменные матрицы с накладками, которые имеют отверстия различной конфигурации в зависимости от формы тестовых заготовок.

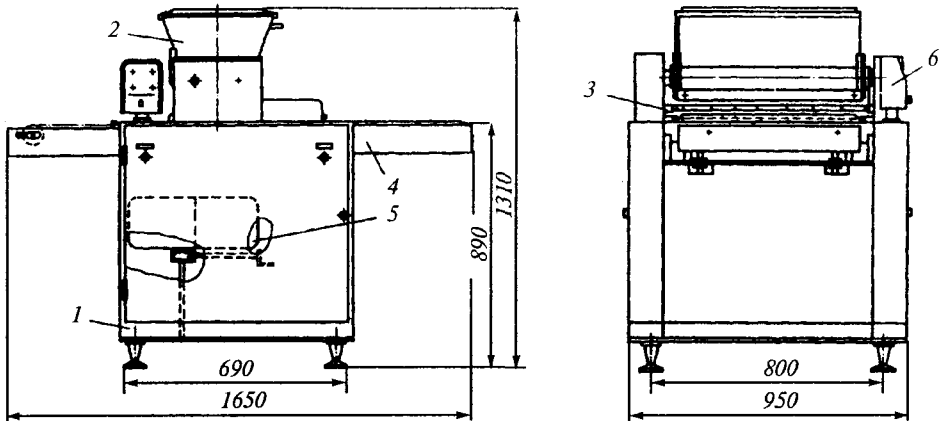


Рис. 13.21. Машина А2-ШФ3 для формования пряников

Работа машины заключается в том, что загружаемое в бункер головки тесто подается рифлеными валками к матрицам и продавливается через отверстия в виде жгута.

Закрепленная в струнодержателях механизма струнной резки струна периодически проходит у торца насадок и разрезает жгуты теста на отдельные заготовки.

Производительность машины и развес заготовок можно регулировать при помощи регулировочных устройств соответствующего привода.

### Техническая характеристика формующей машины А2-ШФ3

Производительность, кг/ч . . . . .	250...800
Масса заготовок, кг . . . . .	0,010...0,060
Установленная мощность, кВт . . . . .	1,3
Габаритные размеры, мм . . . . .	1650×950×1480
Масса, кг . . . . .	640

**Инженерные расчеты.** Производительность ротационных штампующих машин  $\Pi$  (кг/ч)

$$\Pi = 3600J\omega / (\varepsilon 2\pi),$$

где  $J$  — количество формочек на роторе;  $\omega$  — угловая скорость ротора, рад/с;  $\varepsilon$  — количество заготовок в 1 кг.

*Отсадочными машинами* называются машины, формующие изделия циклическим выдавливанием пластичной массы через профильные насадки на подвижную или неподвижную поверхность.

**Отсадочная машина БПЭ** (рис. 13.22, а) предназначена для формования тестовых заготовок непосредственно на ленту печного конвейера.

Она состоит из следующих основных узлов: подвижной отсадочной камеры 15, рычажно-кулачковых механизмов 12 и привода, смонтированных на станине 9 рамной конструкции. Машина работает от электродвигателя 8, который через ременную передачу 7, вариатор 11, два редуктора 10 и цепную передачу 6 приводит в движение кулачок 5. Последний через рычажно-кулачковые механизмы 12 приводит в движение

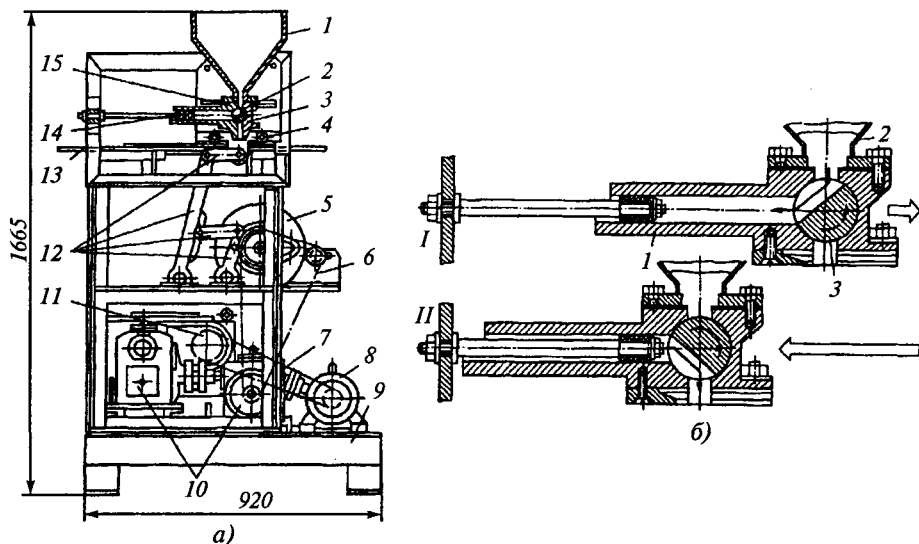


Рис. 13.22. Отсадочная машина БПЭ

ние отсадочную камеру 15, совершающую возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости. Камера 15 перемещается по раме на роликах 4 относительно непрерывно движущегося конвейера 13 печи.

В камере 15 расположены поршни 14, закрепленные неподвижно в станине машины, и золотник 2, который поворачивается на  $90^\circ$  специальным копирувальным устройством. Над камерой установлен бункер 1, тестовая заготовка отсаживается через насадку 3.

Меняя скорость движения подвижной отсадочной камеры 15 относительно конвейера 13, можно изменять форму тестовых заготовок. Когда камера движется быстрее ленты печного конвейера, получают заготовки удлиненной формы. При совпадении скоростей образуются изделия, форма которых зависит только от конфигурации насадок, например тестовые заготовки круглой формы для пирожных типа буше, беэе и миндальное.

Принцип действия отсадочной машины (рис. 13.22, б) заключается в следующем. При движении камеры 1 вправо (положение I) тесто засасывается из бункера 2 в количестве, необходимом для отсадки одной заготовки. При движении камеры 1 влево золотник 3 поворачивается на  $90^\circ$  (положение II) и тестовая заготовка отсаживается на стальную ленту печного конвейера.

### Техническая характеристика отсадочной машины БПЭ

Производительность, шт/ч . . . . .	900
Число отсадок в ряду . . . . .	9
Длина корпуса пирожного, мм . . . . .	$130 \pm 5$
Установленная мощность, кВт . . . . .	1,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	$920 \times 770 \times 1650$

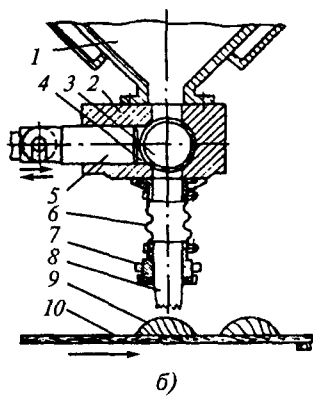
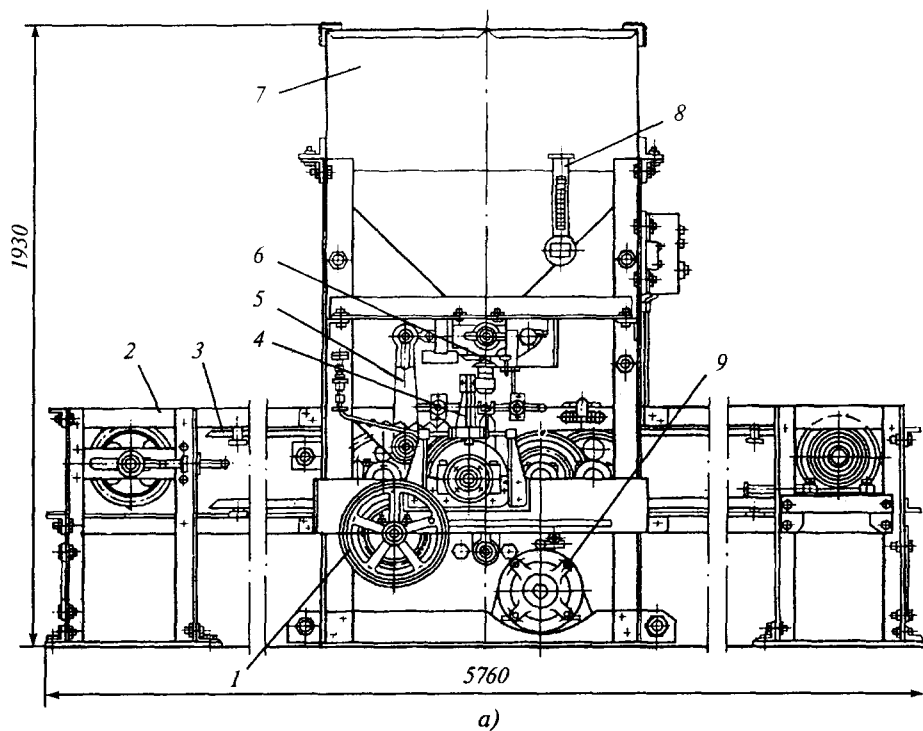


Рис. 13.23. Зефиротсадочная машина К-33:  
а — общий вид; б — дозирующее устройство

**Зефиротсадочная машина К-33** (рис. 13.23, а) предназначена для отсадки на деревянные лотки половинок зефира, имеющих форму «ракушки» или «пирожка».

Деревянный лоток устанавливается на двухцепной основной транспортер 2. Цепи транспортера гонками перемещают лоток по направляющим 3 под насадки отсадочного механизма 6, расположенного под загрузочным бункером 7. Нижняя часть бункера имеет рубашку для обогрева. Термометр 8 регистрирует температуру воды в рубашке. Плунжер дозирующего механизма приводится в движение от кулачка через рычажный механизм 5. Насадки имеют сложное движение. Они движутся вдоль основного транс-



портера от одного кулачка и перпендикулярно транспортеру от другого при отсадке половинок зефира «ракушка». Движение насадок вдоль транспортера производит рычаг 4. Приводится машина от электродвигателя 9. Для проворачивания машины вручную служит маховик 1. Машина имеет две скорости работы. При отсадке зефира «ракушка» число циклов 65,4 в минуту, а для зефира «пирожок» — 29,5 цикла в минуту. Переход на отсадку половинок зефира «пирожок» производится заменой кулачков и изменением скорости двухскоростной коробкой скоростей. При этом насадки имеют движение только по направлению основного транспортера.

Поршневой дозирующий механизм машины показан на рис. 13.23, б. К бункеру 1 крепится дозирующий механизм, состоящий из корпуса 2, золотника 3, мерных цилиндров 4 с плунжерами 5, совершающими медленное возвратно-поступательное движение, планки 7 с гофрированными трубками 6 и зубчатыми насадками 8. Золотник при выдавливании массы через насадки поворачивается по часовой стрелке на угол 0,5 рад. Число камер золотника 3, мерных цилиндров 4, плунжеров 5 и гофрированных трубок с насадками 8 равно шести.

При медленном движении плунжера 5 из мерного цилиндра зефирная масса должна заполнять освобождаемое пространство, не отставая от плунжера. Между плунжером и массой давление не должно быть меньше атмосферного. Зефирная масса должна заполнять мерные цилиндры лишь под действием гидростатического давления, иначе это неизбежно приведет к разрушению пенообразной структуры зефирной массы.

При движении поршня внутрь мерного цилиндра масса выдавливается через гофрированные трубки и зубчатые насадки, при этом масса имеет рифленую поверхность. В конце выдавливания насадки отрываются от массы, находящейся на лотке 10, и изделие приобретает форму ракушки 9.

### Техническая характеристика зефиротсадочной машины К-33

#### К-33

Производительность, кг/ч . . . . .	312
Число циклов струны, с . . . . .	0,49...1,09
Противни, мм . . . . .	1400×400
Потребная мощность, кВт . . . . .	1,0
Габаритные размеры, мм. . . . .	5760×1100×1930
Масса, кг . . . . .	1038

**Отливочный агрегат ШФ1-М6** (рис. 13.24) предназначен для производства формового яблочного и желейного мармелада.

Он состоит из камеры желирования 1, отливочной головки 2, станины 3 с приводами, конвейера форм 4 и питателя лотков 5.

Камера желирования представляет собой закрытый теплоизолированный шкаф, разделенный на верхнее и нижнее отделения. В верхнем отделении движется многоярусный цепной конвейер форм, в нижнем — находится воздухоохладитель, состоящий из двух рассольных батарей и вентиляторной установки. Воздух, проходя через воздухоохладитель, охлаждается и затем подается для охлаждения мармелада.

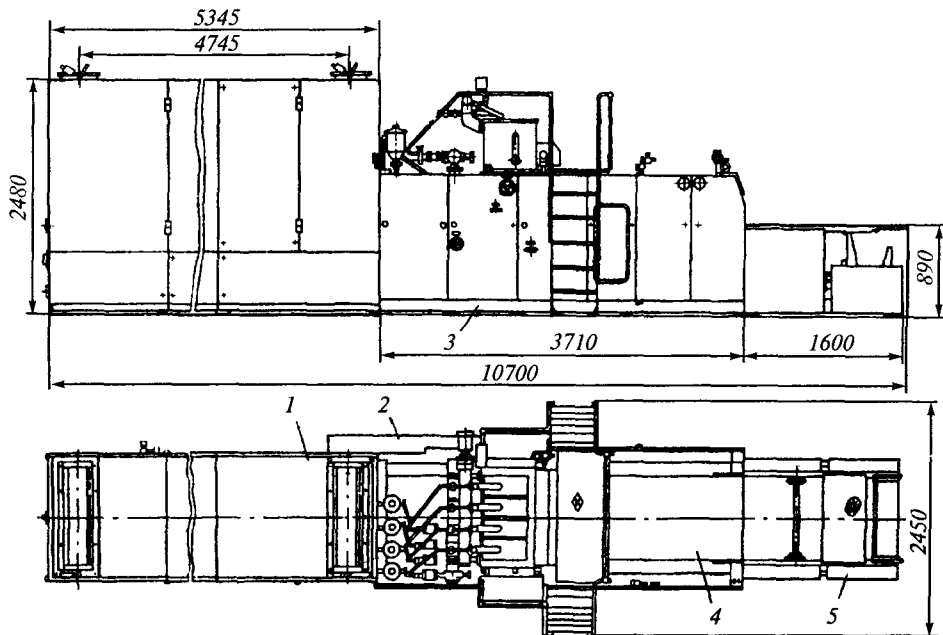


Рис. 13.24. Отливочный агрегат ШФ1-М6

Отливка мармелада производится плунжерами четырехкамерной отливочной головки, которые дозируют в формы мармелад четырех цветов. На головке укреплены четыре перемешивающих устройства, которые перемешивают смесь краски, кислоты и эссенции, подаваемых насосами-дозаторами из специальных емкостей, с мармеладной массой.

Готовая мармеладная масса подается в соответствующие секции бункера отливочной головки. Траверса отливочной головки приводит в движение 20 плунжеров, конструкция которых обеспечивает возможность регулирования объема дозируемой массы. В бункере отливочной головки мармеладная масса темперируется.

В станне с приводами размещаются главный привод и механизмы конвейера форм, плунжеров отливочной головки, транспортера подачи лотков, подъема лотков, толкателя лотков, выборки мармелада, валка для мойки и др.

Питатель лотков подает лотки из бункера на транспортер вследствие синхронной работы двух пар рычагов, которые отделяют один лоток от стопки и укладывают его на транспортер подачи лотков. В бункере питателя лотков предусмотрен контроль их наличия. Правильная установка форм достигается правильной установкой цепей. Для этого приводные звездочки выполнены с разъемной ступицей, что позволяет точно выставить левую и правую ветвь цепей конвейера.

Момент отливки мармелада (ход плунжера) должен совпадать с моментом прохождения ряда ячеек формы под плунжерами. Если они не совпадают, приводную шестерню распределительного вала регулируют, перемещая ее по разъемной ступице. Объем дозируемого мармелада регулируют изменением хода плунжеров с помощью специального механизма. Кроме того, можно регулировать объем, дозируемый каждым плунжером.

Питатель лотков настраивается в зависимости от работы механизма подъема лотков таким образом, чтобы обеспечить непрерывную подачу лотков под механизм выборки мармелада.

### Техническая характеристика отливочного агрегата ШФ1-М6

Производительность, кг/ч . . . . .	290
Время желирования, мин . . . . .	40...60
Число одновременно отливаемых конфет, шт. . . . .	20
Расход холода, кДж/ч . . . . .	74 880
Давление воздуха в форме при выдувке, МПа . . . . .	0,10...0,15
Давление пара при подогреве, МПа . . . . .	0,040...0,060
Установленная мощность, кВт . . . . .	7,14
Габаритные размеры, мм . . . . .	10 700×2450×2500
Масса, кг . . . . .	9040

**Инженерные расчеты.** Производительность  $\Pi$  (кг/ч) отсадочных машин может быть вычислена по формуле

$$\Pi = 3600J\omega / (m2\pi),$$

где  $J$  — число насадок;  $\omega$  — угловая скорость мерных цилиндров, рад/с;  $m$  — средняя масса мармелада в одной ячейке формы, кг.

### 13.6. МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПРЕССОВАНИЕМ

**Карусельный пресс Б6-ПК2-Т** (рис. 13.25) предназначен для брикетирования пищевых концентратов (каши крупяные, кисели плодово-ягодные, супы и т.д.).

Пресс состоит из станины, карусели 8, питателя, механизмов регулирования заполнения матриц и давления, а также привода.

Станина пресса состоит из двух поперечин 6 и 11, стянутых тремя вертикальными колоннами 10. Нижняя поперечина 11 закреплена на двух стойках 14, установленных на плите 15.

Между поперечинами на вертикальном валу закреплена карусель, представляющая собой трехъярусную чугунную отливку. В среднем ярусе имеется десять отверстий, в которых размещены матрицы, в верхнем и нижнем ярусах — по десять отверстий с направляющими пазами для пуансонов 7 и 9. Пуансоны снабжены роликами, прессующими и холостыми хвостовиками. Осевое перемещение пуансонов осуществляется от направляющих копиров посредством роликов. Нижние направляющие укреплены на нижней поперечине, а верхние — на колоннах пресса.

Питатель пресса служит для равномерного заполнения матриц продуктом перед прессованием. Привод питания осуществляется от вертикального вала карусели посредством цилиндрической передачи.

Вращение от вертикального вала 18, на котором находится горизонтальный ворошитель питателя 19, через коническую пару шестерен передается вертикальному ворошителю 17, который предотвращает «зависание» продукта в воронке 16 питателя.

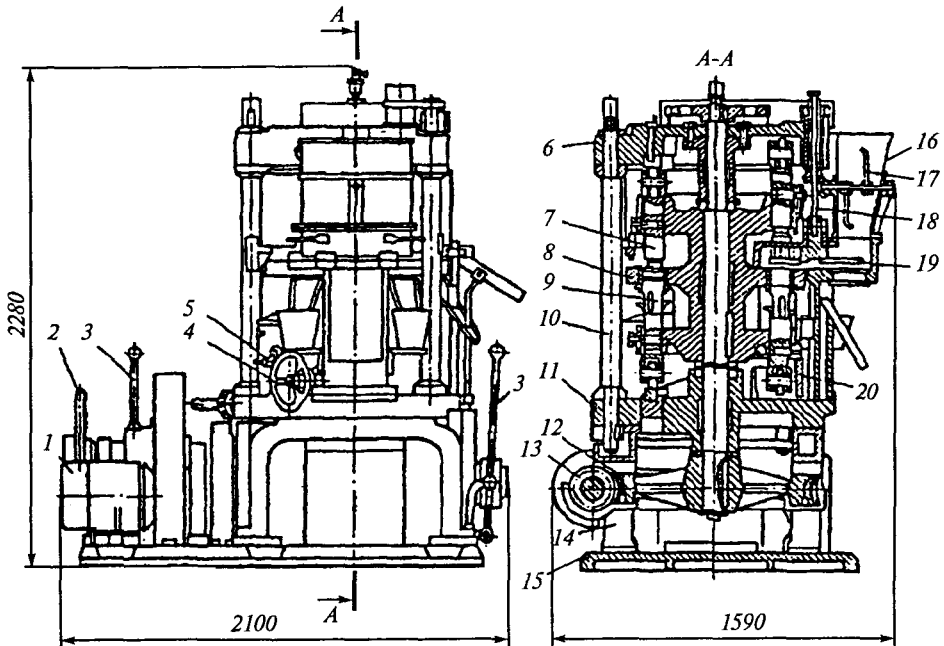


Рис. 13.25. Карусельный пресс Б6-ПК2-Т

Механизм регулирования заполнения матриц обеспечивает вертикальное перемещение направляющей (а следовательно, и нижнего пуансона в матрице) с помощью маховика 4 винтовой и конической пар шестерен. Положение направляющей определяется по шкале и фиксируется зажимом 5.

Механизм 20 регулирования давления предназначен для изменения степени прессования и высоты брикета посредством вертикального перемещения прессующей дорожки с помощью клиньев, винтовых пар и других деталей.

Привод пресса состоит из электродвигателя 1, клиноременной передачи, промежуточного вала с фрикционной муфтой и двумя заблокированными рукоятками включения 3, цилиндрической пары шестерен, червяка 13, от которого вращение передается на червячное колесо 12 карусели 8. Частота вращения последней в зависимости от прессуемого продукта может изменяться путем установки сменных шкивов на валу электродвигателя. Для ручного прокручивания пресса на промежуточном валу установлен маховик 2 с кулачковой муфтой.

Технологический процесс брикетирования протекает следующим образом. Приготовленный продукт подается в воронку питателя, откуда он поступает на рабочую поверхность стола. Горизонтальный ворошитель непрерывно подает продукт к подходящим матрицам. После заполнения матрицы верхний пуансон опускается вниз и закрывает продукт в матрице. Затем нижний пуансон поднимается вверх и спрессовывает находящийся в матрице продукт.

После некоторой выдержки продукта под давлением верхний пуансон поднимается вверх, а брикет выталкивается нижним пуансоном на рабочую поверхность стола. Нижний пуансон, поднявшись над рабочей поверхностью стола примерно на 1 мм, остается в таком положении до снятия с него брикета съемником. Затем рабочие поверхности верхнего и нижнего пуансонов очищаются от налипших частиц. Для

предотвращения прилипания брикетов при прессовании киселей на пресс устанавливается специальное приспособление. После очистки нижний пуансон опускается вниз в первоначальное положение. Брикет, скользя по съемнику, подается в лоток, а затем на упаковку. Для сбора просыпавшегося продукта предусмотрены лотки и емкости.

### Техническая характеристика пресса Б6-ПК2-Т

Производительность пресса, брикетов в час . . .	2460; 3540; 5520
Номинальные размеры брикетов, мм:	
длина (ширина) . . . . .	55; 75
высота . . . . .	15...35
Масса брикетов, кг . . . . .	0,2...0,25
Число матриц . . . . .	10
Установленная мощность, кВт . . . . .	5,5
Габаритные размеры, мм . . . . .	2100×1590×2280
Масса, кг . . . . .	5520

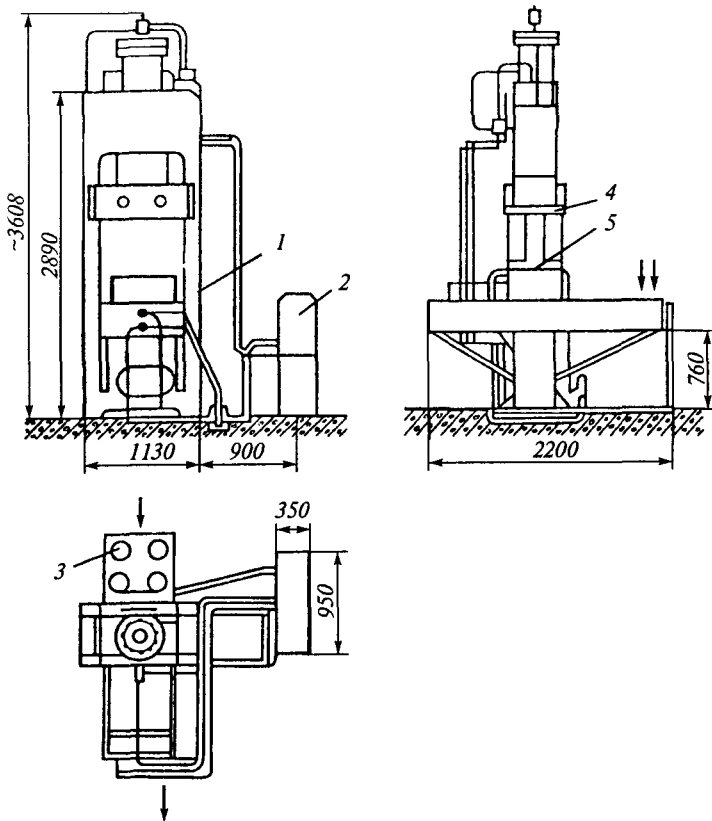


Рис. 13.26. Гидравлический пресс КПК(А)

**Гидравлический пресс КПК(А)** (рис. 13.26) предназначен для брикетирования овощных концентратов и смесей овощей.

Пресс состоит из чугунной станины 1, в верхней части которой расположены прессующие цилиндры-ползуны 3, поддоны 4 и матрицы 5. Пресс оснащен насосным агрегатом и снабжен электроприводом.

Насосные агрегаты 2 монтируют отдельно от общей станины прессы и связаны с ним трубопроводом. В качестве рабочей жидкости, создающей давление в цилиндре прессы, применяют минеральное масло.

Матрицы прессы снабжены электрообогревом. Температура стенок матриц в период работы прессы должна быть на уровне 60 °С.

Ползун, матрицы и поддон передвигаются циклично благодаря полуавтоматическому управлению. В момент загрузки прессы поддон и матрицы выводятся из под него и устанавливаются в положение загрузки. Ползун в это время находится в верхнем положении.

После загрузки поддон и матрицы входят под пресс, ползун опускается. Брикет прессуется до заданного давления, затем ползун поднимается, поддоны уходят в положение загрузки, а ползун, опускаясь, выталкивает из матриц брикеты на стол, откуда они специальным выталкивателем передвигаются к заверточному столу.

Пресс развивает усилие до 10 кН. Рабочее давление масла в главном цилиндре может достигать 19,6 МПа. Усилие при обратном ходе ползуна составляет 4,5 кН. Наибольший ход ползуна 450 мм. Выдержка брикета 1...3 мин при удельном давлении на брикет 7 МПа.

#### Техническая характеристика прессы КПК(А)

Производительность прессы брикетов в час . . . . .	51...94
Номинальные размеры брикетов, мм:	
диаметр . . . . .	205
высота . . . . .	90
Масса брикетов, кг . . . . .	3,1
Число матриц . . . . .	4
Установленная мощность, кВт . . . . .	7,3
Габаритные размеры, мм . . . . .	2200×2200×3600
Масса, кг . . . . .	400

**Макаронный пресс.** Замес макаронного теста и его последующее формование осуществляются в шнековых макаронных прессах непрерывного действия. В отечественных шнековых прессах приготовление макаронного теста происходит в два этапа.

На первом этапе мука, вода и обогащенные добавки (если последние предусмотрены рецептурой) смешиваются в тестомесителе, входящем в конструкцию прессы. Процесс смешивания муки и воды в этих машинах непрерывный.

Второй этап осуществляется в канале шнековой камеры прессы, где крошкообразная масса теста под воздействием шнековой лопасти постепенно уплотняется и пластифицируется, приобретая структуру и свойства, необходимые для последующего формования.

Таким образом, происходит заключительная стадия формирования структуры макаронного теста, резко отличающаяся от структуры хлебного теста.

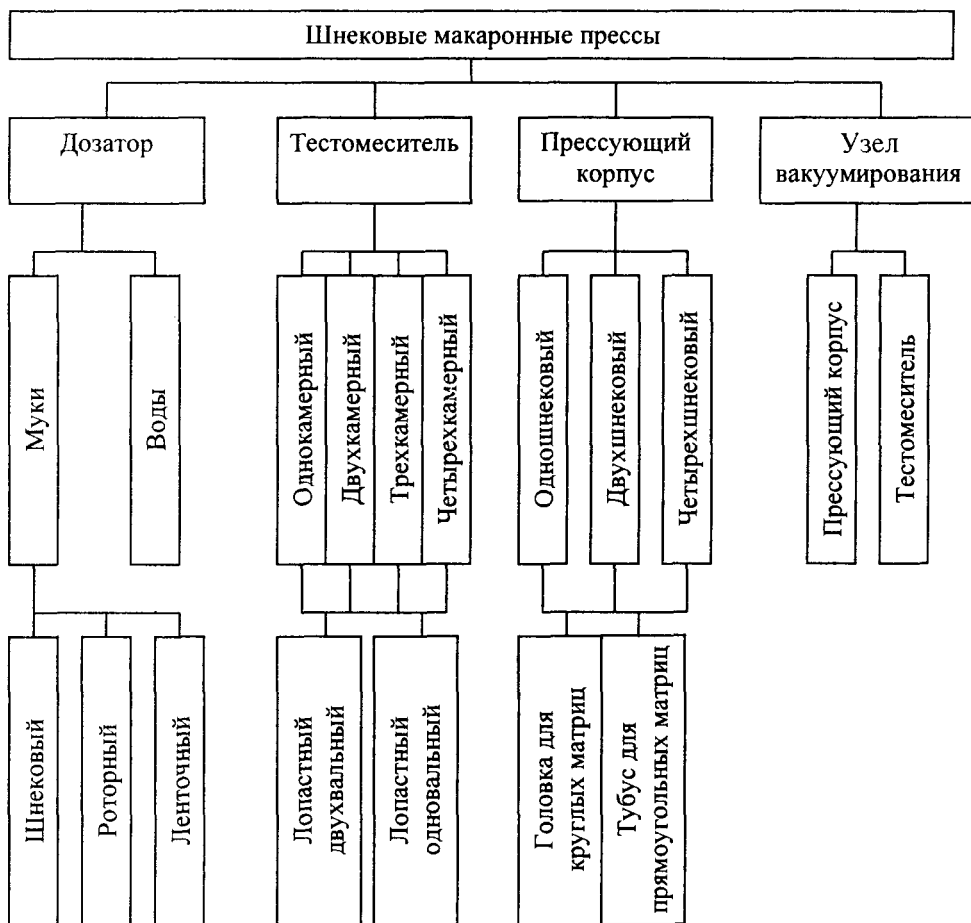


Рис. 13.27. Классификация макаронных прессов

На структурно-механические и реологические свойства теста огромное влияние оказывает температура, значительно определяя ход и результат прессования сырых изделий.

Температура теста зависит не только от температуры его компонентов, но и изменяется при его приготовлении в тестомесителе и в шнековой камере, где механическая энергия работы рабочих органов тестомесителя и прессы почти целиком переходит в тепловую энергию, за счет которой тесто дополнительно прогревается. Кроме того, шнековая камера может иметь греющие или охлаждающие устройства, также корректирующие температуру теста. Поэтому в настоящее время в тестомесителях шнекового типа чаще всего используют два типа замесов: холодный и теплый.

В тестомесителе макаронного прессы готовится весьма неоднородная масса, крошковато-рыхлая по структуре, непригодная для непосредственного прессования.

Перед прессованием тесто должно пройти основательную механическую обработку с целью придания ему упругих, пластично-вязких свойств. Затем из смесителя тесто поступает в шнековую камеру, где под действием вращающегося шнека постепенно уплотняется и перемещается в предматричную камеру, из которой пластифицированное под большим давлением формируется через специальные матрицы.

В современных конструкциях прессов макаронное тесто перед поступлением в шнековую камеру подвергается вакуумированию, т. е. из него удаляется воздух. Это позволяет, во-первых, получить макаронное тесто более плотной структуры, повысить механическую прочность высушенных изделий и, во-вторых, снизить скорость реакции окисления кислородом воздуха пигментных веществ группы каротиноидов, придающих изделиям приятный желто-кремовый цвет.

Цель формования — придать макаронному тесту форму, характерную для данного вида изделий (трубчатые; нитеобразные; ленточные и фигурные), которая сохранялась бы на последующих стадиях производства.

Шнековые макаронные прессы непрерывного действия предназначены для приготовления теста и формования из него сырых макаронных изделий. Основными узлами современных прессов являются дозировочное устройство для муки и воды, тестомеситель, прессующий корпус, прессующая головка и матрица. Каждый пресс оборудован системой вакуумирования.

Макаронные прессы (рис. 13.27) различаются конструкцией дозаторов, числом камер тестомесителя и их расположением, количеством прессующих шнеков, конструкцией прессующих головок, формой матриц и местом вакуумирования. Обычно макаронные прессы этих типов устанавливаются в комплексно-механизированных линиях для производства длинных и коротких макаронных изделий.

**Шнековый макаронный пресс ЛПЛ-2М** (рис. 13.28) состоит из привода 1, дозирующего устройства 2, тестомесителя 3, прессующей головки 4, обдувочного устройства 5, системы трубопроводов и прессующего корпуса 8, установленных на общей станине 7.

Пресс комплектуется механизмом резки 6, набором круглых матриц и вакуумной системой.

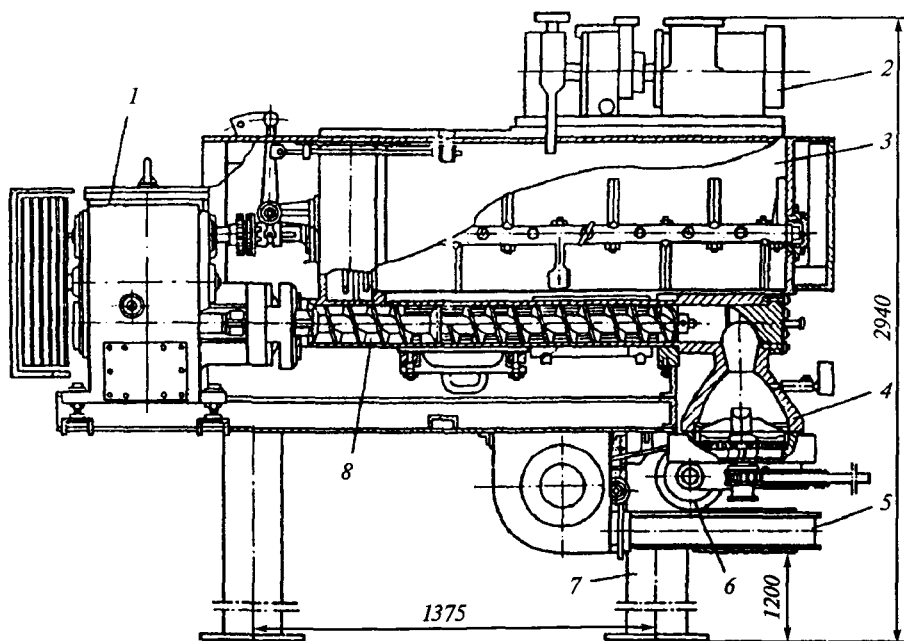


Рис. 13.28. Шнековый макаронный пресс ЛПЛ-2М



Матрица является основным рабочим органом пресса и представляет собой металлический диск (круглая матрица) или прямоугольную пластину (тубусная матрица) со сквозными отверстиями, профиль которых определяет форму изделий.

Шнековый макаронный пресс работает следующим образом. Мука самотеком непрерывно из бункера поступает в дозатор, из которого вращающимся шнеком подается в тестомеситель. Одновременно подогретая вода с температурой 40...60 °С из дозатора по трубе поступает в тестомеситель. В зависимости от влажности муки расход воды составляет 80...90 кг/ч. Расход воды на охлаждение прессующего корпуса 110 кг/ч. При нормальной работе пресса тесто должно заполнять 2/3 объема корыта и иметь небольшой уклон по направлению к выходному отверстию.

Необходимый уровень заполнения корыта тестом достигается регулированием плоскости концов лопаток к оси вала, которые отбрасывают определенную часть комочков теста в направлении от выходного отверстия к дозаторам. Отбрасывание теста в обратном направлении в оптимальных размерах необходимо для обеспечения нормальной циркуляции теста, что удлиняет время его нахождения в корыте до 10 мин и способствует набуханию клейковины и лучшей проработке теста лопатками и пальцами.

Замешенная в виде комочков и крупинок тестообразная масса из корыта смесителя через отверстие в нижней части направляется в прессующий корпус. При этом, регулируя заслонкой размер выходного отверстия, можно изменять количество теста, подаваемого в прессующий корпус, и тем самым изменять производительность пресса.

В прессующем корпусе тесто, продвигаясь, обтекает шайбу на шнеке и поступает в перепускной канал, где из него через вакуум-канал удаляются воздух и пары воды. Остаточное давление воздуха в прессующем корпусе составляет 10 кПа. Из перепускного канала тесто проходит сквозь решетку в прессующий корпус, захватывается витками шнека, нагнетается в головку и затем продавливается через формующие отверстия матрицы при давлении 6,5...7,0 МПа.

Выходящие из матрицы макаронные изделия проходят обдувочное устройство, при этом они имеют температуру, равную температуре прессованного теста, которая составляет 45...50 °С.

В прессовом отделении значительно меньшая температура окружающего воздуха, в результате для изделий, выходящих из матрицы, создается температурный перепад, величина которого зависит от разности температур прессования и окружающей среды. Чем больше эта разность, тем выше температурный перепад и, следовательно, более интенсивное испарение влаги с поверхности изделия. Этот процесс происходит до тех пор, пока температура изделия и окружающей среды не выровняются, после чего на поверхности изделия возникает защитная корочка, которая препятствует слипанию изделий в процессе дальнейшей раскладки и сушки.

### Техническая характеристика шнекового макаронного пресса ЛПЛ-2М

Производительность, кг/ч . . . . .	до 375
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> :	
прессующего шнека . . . . .	41
вала тестомесителя . . . . .	82
Число резов режущего механизма в мин. . . . .	18...2060
Вода, идущая на замес теста:	
расход, л/ч . . . . .	60...70
температура, °С . . . . .	40...60

Вакуум, создаваемый в прессующем корпусе, Па . . . . .	50...60
Производительность обдувателя, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	500
Потребная мощность, кВт . . . . .	23
Габаритные размеры, мм . . . . .	2920×2710×2940
Масса, кг . . . . .	3260

**Инженерные расчеты.** Фактическая производительность макаронного пресса по сырым изделиям должна быть равна производительности тестомесителя.

Производительность нагнетающего шнека  $P_\Phi$  (кг/ч)

$$P_\Phi = 0,25m' \rho_m (R_2^2 - R_1^2) (S_{ш} - ((\epsilon_2 + \epsilon_1) / 2 \cos \alpha)) n_{ш} k_n k_c,$$

где  $m'$  — число заходов шнека ( $m' = 1$  для вермишели,  $m' = 3$  для лапши и макарон);  $\rho_m$  — плотность спрессованного теста, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  — количество прессующих шнеков, шт.;  $R_2$  и  $R_1$  — соответственно наружный и внутренний радиусы шнека, м;  $S_{ш}$  — шаг витков винтовой линии шнека, м;  $S_0 = mS_0$ ,  $S_0$  — расстояние между смежными витками, м;  $\epsilon_2$  — ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по наружному радиусу, м;  $\epsilon_1$  — ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по внутреннему радиусу, м;  $\alpha$  — угол подъема винтовой лопасти по среднему диаметру шнека, град,

$$\operatorname{tg} \alpha = S / 2\pi R_{cp},$$

здесь  $R_{cp}$  — средний радиус шнека, м;  $n_{ш}$  — максимальная частота вращения шнека, мин<sup>-1</sup>;  $k_n$  — коэффициент наполнения полости шнека тестом;  $k_n$  — коэффициент прессования теста, учитывает степень уменьшения его объема в шнековом канале при переходе его из крошкообразного состояния в спрессованное;  $k_c$  — коэффициент, характеризующий подачу теста шнеком, т. е. качество прессования ( $k_c = 0,9...0,95$ ).

Коэффициент прессования теста

$$k_n = \rho_n / \rho_m = \rho_n / ((12,9 - [176,7 / W_m]) \cdot 10^{-3} \cdot P + 1,373),$$

где  $\rho_n$  — плотность теста, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_m$  — плотность спрессованного теста, кг/м<sup>3</sup>;  $W_m$  — начальная влажность теста, %;  $P$  — давление прессования, МПа.

Мощность привода прессующего шнека  $N_{ш}$  (кВт)

$$N_{ш} = 215 p n_{ш} \operatorname{tg} \alpha (R_2^3 - R_1^3),$$

где  $p$  — давление прессования, МПа;  $n_{ш}$  — частота вращения шнека, мин<sup>-1</sup>;  $R_1$  и  $R_2$  — внутренний и наружный радиусы шнеков, м.

Для матрицы выполняют технологический расчет, который заключается в определении ее производительности и соответствующего диаметра.

Производительность матрицы по сухим изделиям  $\Pi$  (кг/ч)

$$\Pi = 3600 \cdot \vartheta_n \rho_m f (100 - W_m) / (100 - W_{изд}),$$

где  $\vartheta_n$  — скорость течения теста по формующим каналам, м/с;  $\rho_m$  — плотность спрессованного теста, кг/м<sup>3</sup>;  $f$  — площадь живого сечения матрицы, м<sup>2</sup>;  $W_m$  — влажность теста, %;  $W_{изд}$  — влажность готовых изделий, %.

Площадь живого сечения матриц  $f$  (м<sup>2</sup>) в зависимости от вида изделий:

а) для трубчатых изделий (для макарон):

$$f_m = \pi n_0 (d_n^2 - d_b^2) / 4,$$

где  $n_0$  — число формирующих отверстий в матрице, шт.;  $d_n$  — наружный диаметр формирующего отверстия, м;  $d_b$  — диаметр вкладыша, м;

б) для вермишели:

$$f_b = \pi n_0 d_b^2 / 4,$$

где  $n_0$  — число формирующих отверстий в матрице, шт.;  $d_b$  — диаметр формирующего отверстия, м;

в) для лапши:

$$f_a = n_0 l_a a,$$

где  $n_0$  — число формирующих отверстий в матрице, шт.;  $l$  — длина формирующей щели, м;  $a$  — ширина формирующей щели, м.

Площадь матрицы  $F$  (м<sup>2</sup>)

$$F = f / k_f,$$

где  $k_f$  — коэффициент живого сечения матрицы.

Диаметр матрицы  $D$  (м)

а) для круглых матриц

$$D = \sqrt{4F / \pi},$$

б) длина прямоугольных матриц  $L$  (м)

$$L = F / B,$$

где  $B$  — ширина прямоугольной матрицы, м.

Скорость течения (выпрессовывания) теста по формирующим каналам в зависимости от формы сечения канала  $\vartheta_n$  (м/с):

а) для трубчатых изделий (макарон)

$$\vartheta_n = \vartheta_0 + \frac{1}{4\mu} (\Delta p + \rho_m g) (\ln(R_n / R_b))^{-1} [(R_n^2 - R_b^2) \ln(r / R_b) - (r^2 - R_b^2) \ln(R_n / R_b)],$$

где  $\vartheta_0$  — скорость скольжения, м/с;  $\mu$  — динамическая вязкость, Па·с;  $\Delta p$  — перепад давления по длине формирующего канала, Па·с;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $l$  — длина канала, м;  $R_n$  и  $R_b$  — соответственно наружный и внутренний радиус отверстия трубки макарон, м;  $r$  — радиус от оси кольцевого канала, м,

$$r = [(R_n - R_b) / 2] + R_b;$$

б) для вермишели

$$\vartheta_n = \vartheta_0 + (R^2 / 4\mu) (\Delta p + \rho_m g) [1 - (r / R)^2],$$

где  $R$  — радиус сечения формирующего отверстия, м;

в) для лапши

$$\vartheta_n = \vartheta_0 + [(\Delta p + \rho_m g) / 4\mu] (l^2 - a^2) / 2,$$

где  $l$  и  $a$  — соответственно длина и ширина формирующего отверстия, м.

Расчет на прочность проводят с целью определения допустимой нагрузки (давление прессования) на матрицу, и для прямоугольных матриц толщина матрицы  $\delta$  (м)

$$\delta = B\sqrt{Ap / [\sigma]},$$

где  $B$  — ширина матрицы, м;  $A$  — коэффициент, зависящий от диаметра отверстий и числа продольных рядов в матрице;  $p$  — расчетное давление прессования, Па;  $[\sigma]$  — допустимое напряжение материала матрицы, Па.

### 13.7. МАШИНЫ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ПЛАСТОВ И ЗАГОТОВОК ИЗ ПОЛУФАБРИКАТОВ

**Режущие машины** предназначены для деления пластов конфетных масс на отдельные части. Они имеют в качестве рабочего органа струны и ножи пластинчатые и дисковые.

**Струнная режущая машина** (рис. 13.29) предназначена для деления пластов конфетных масс на отдельные части в форме параллелепипеда. Она обычно применяется для резки пластов многослойных конфетных, пралине с вафлями, тираженно-го ириса и т. д.

Штабель из трех пластов, уложенных один на другой, длинной осью вдоль движения поступает из штабелера 1 на поворотный стол 4. Стол поворачивает штабель на угол  $90^\circ$ . Упор 3 цепного транспортера 2 сдвигает пласт со стола 4 и по столу 5 продвигает его до упора 8. Здесь на пласт опускаются прижимы 6 и ползун 7 сдвигает пласт вправо до упора 17 через струны 9, находящиеся в сменной рамке 10. Отрезанные боковые кромки пласта захватами 15 сбрасываются в сборник 16. Затем на полосы опускаются держатели 18 и ползун 19 проталкивает полоски через струны 14, закрепленные в сменной рамке 13. Боковые обрезки сбрасываются в сборник 11. Полученные стопки параллелепипедов собираются на столе 12. Ползуны и поворотный стол имеют индивидуальные приводы, которые включаются и выключаются конечными выключателями 20.

Техническая характеристика струнной режущей машины приведена в табл. 13.4.

**Машина с дисковыми и гильотинными ножами** (рис. 13.30) применяется в поточных линиях производства конфет.

Равномерно движущаяся лента 1 подает конфетный пласт к дисковым ножам 2, расположенным в шахматном порядке на двух параллельных валах. Дисковые ножи разрезают пласт на полоски, соответствующие ширине конфет. Шахматное расположение дисковых ножей устраняет заклинивание между ними полосок. Полоски разрезаются на конфеты прямым ножом, повернутым к траверсе 3. Траверса закреплена на двух ползунах 4, движущихся вертикально от кулачка 12 при помощи коромысел 8. Направляющие ползунов находятся в каретке 5, которую кулачок 11 перемещает горизонтально при помощи шатуна 10 и коромысла 6. Плоский нож при резке перемещается горизонтально со скоростью пласта. Горизонтальное перемещение плоского ножа равно длине конфеты и регулируется винтом 9. Пружина 7 постоянно прижимает ролик к кулачку.

Техническая характеристика режущей машины с дисковыми и гильотинными ножами приведена в табл. 13.5.

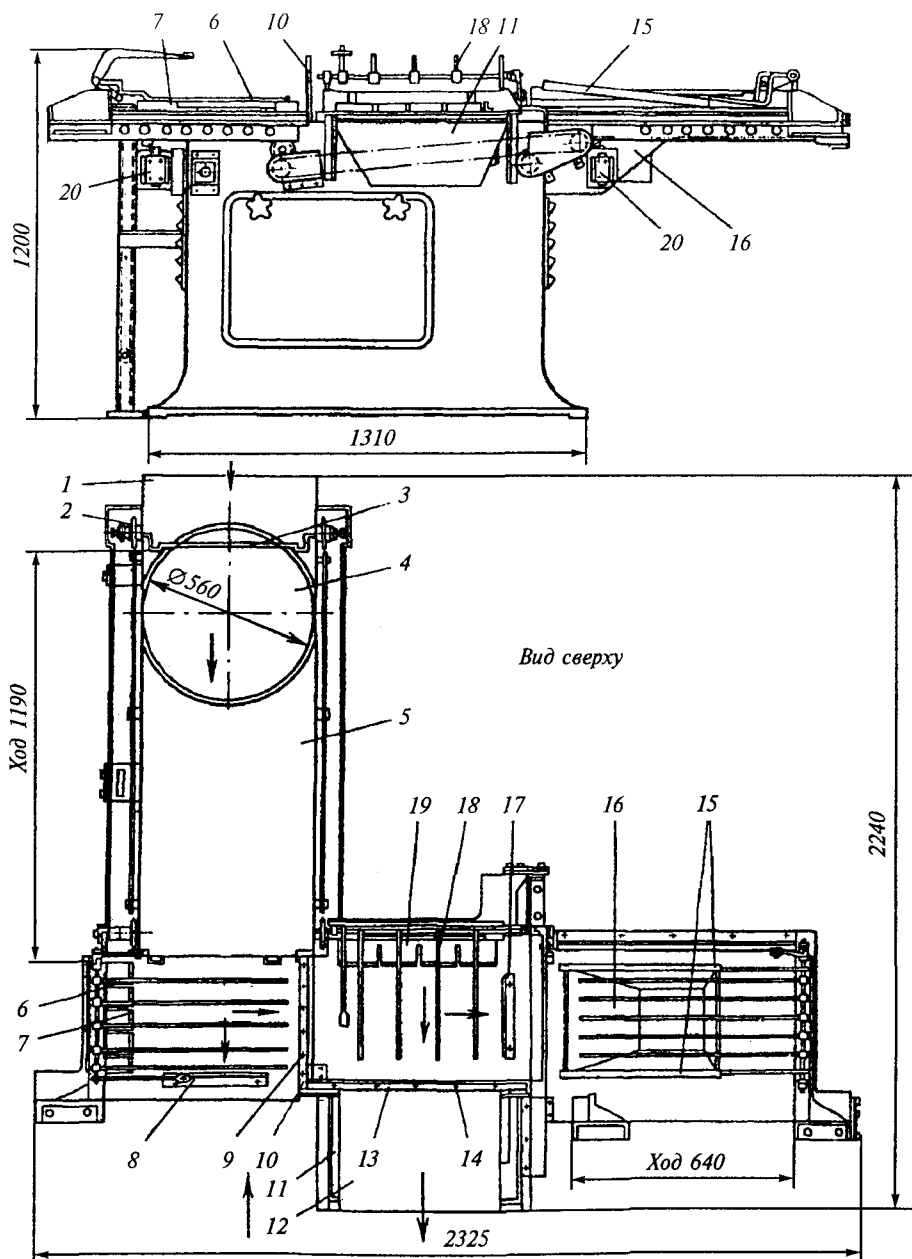


Рис. 13.29. Струнная режущая машина

**Пастилорежущая машина** (рис. 13.31, а) предназначена для разрезания пласта пастилы на изделия размером 73×21×20 мм.

Пласт пастилы укладывается на ленту 3, предварительно посыпанную сахарной пудрой из сита 1. С ленты 3 пласт переходит на шесть узких лент 8. При переходе пласт поддерживается свободно вращающимся роликом 4. Узкие ленты подают

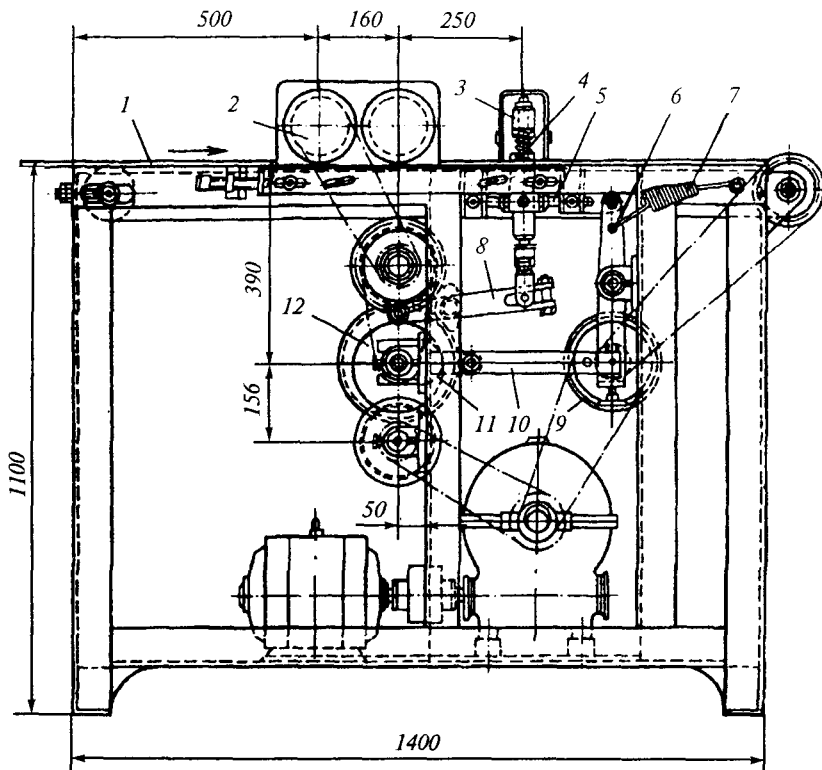


Рис. 13.30. Машина с дисковыми и гильотинными ножами

пласт к дисковым ножам 6 и опорным резиновым дискам 5. Режущие кромки дисковых ножей находятся между узкими лентами и соприкасаются с резиновыми дисками. Окружные скорости ножей и дисков равны скорости узких лент. Дисковые ножи разрезают пласт на полоски. Их ширина равна длине пастилы. Обрезки боковых сторон пласта падают вниз и отводятся шнеком 7 в сборник.

На внутренней поверхности узких лент имеется трапециевидное ребро, которое движется по кольцевым канавкам на приводном, натяжном и направляющем барабанах. Это позволяет за счет деформации эластичной резиновой узкой ленты увеличить зазор между лентами при подходе их к ножам 9 поперечной резки.

Ножи поперечной резки (рис. 13.31, б) имеют моющее устройство 2. Через трубку с отверстиями вода стекает на ножи, смывая с них приставшую массу, и собирается в ванночке 3. Ограждение 1 предотвращает попадание рук рабочего под ножи.

Ножи поперечной резки, постепенно приближаясь к узким лентам, надрезают полоски и окончательно разрезают их на вращающемся резиновом валике 10. Изделия попадают на деревянные решета, перемещаемые цепным транспортером 2. По окончании укладки пастилы на решето цепи транспортера 2 сообщает ускорение от механизма опережения 11, в результате чего следующий ряд пастилы попадает на следующее решето, а не в промежуток между ними. Обгонные механизмы рассмотрены в главе 14. Привод 12 машины имеет трехступенчатую коробку скоростей (см. рис. 13.31, а).

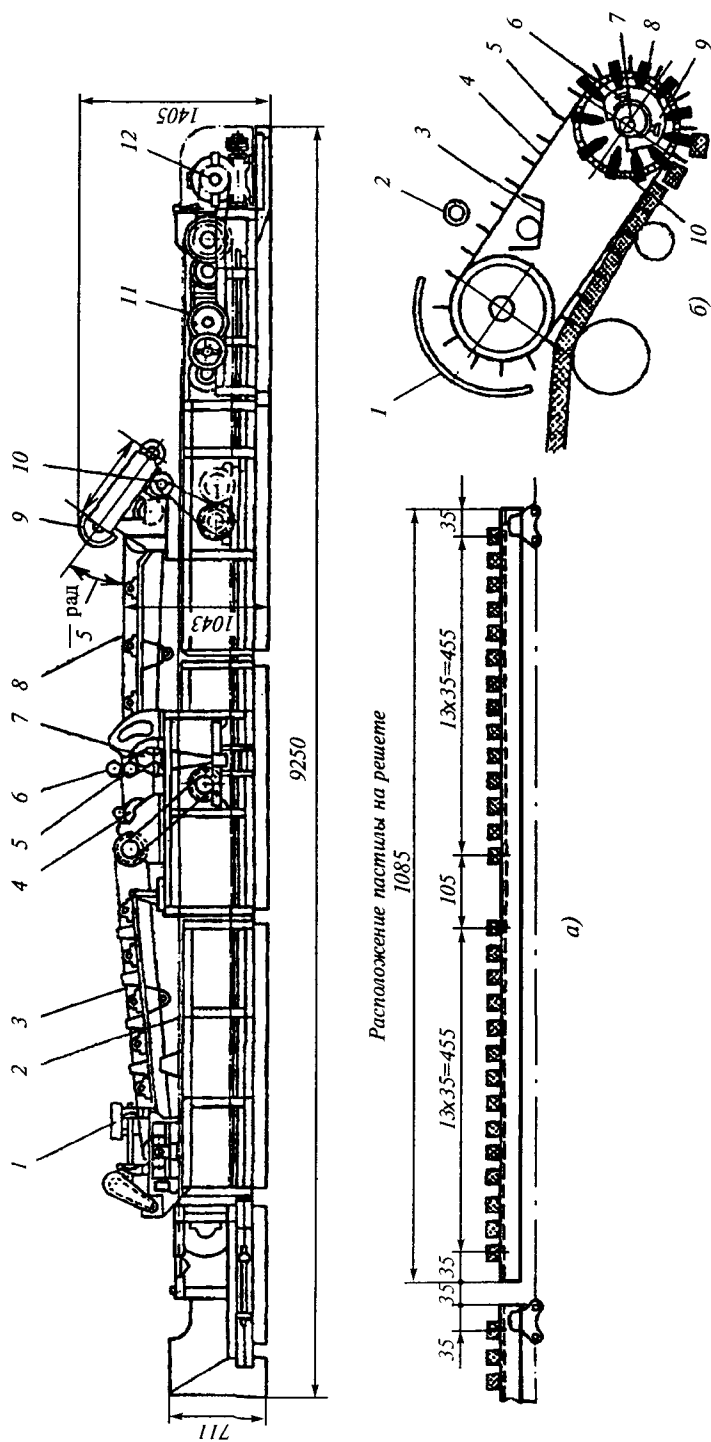


Рис. 13.31. Режущая машина для пастыли:  
 а — общий вид; б — механизм поперечной резки

На рис. 13.31, б приведен механизм поперечной резки полос. К двум цепям 4, огибающим ведущие и натяжные звездочки, прикреплены плоские ножи 5. Ножи наклонены к звену под углом  $80^\circ$ .

На валу 7 между ведущими звездочками закреплен барабан 10. В нем имеются прорезы с толкателями 8 в них. Концы толкателей скользят по неподвижным кулачкам 9. Они закреплены на подшипниках ведущего вала 7.

При вращении ведущих звездочек с барабаном толкатели скользят по неподвижным кулачкам и перемещаются радиально в пазах барабана.

При радиальном перемещении толкатели плавно сдвигают пастилки с расходящихся ножей при огибании ими звездочек. Изделия падают на решета. Винтами 6 можно менять положение неподвижных кулачков, добиваясь хорошего отделения пастилок от ножей.

Техническая характеристика пастилорезущей машины приведена в табл. 13.5.

Таблица 13.5. Технические характеристики режущих машин

Показатель	Струнная машина	С дисковыми и гильотинными ножами	Пастилорезущие
Производительность, кг/ч	300	850	423...732
Диаметр рабочего органа (проволоки или диска), мм	0,5	135	100
Скорость движения пластин, м/с	0,16	—	0,02...0,04
Мощность электродвигателей, кВт	1,32	1,0	—
Габаритные размеры, мм	2325×2240× ×1200	1500×700× ×1255	9250×1175× ×2300

**Инженерные расчеты.** Для машин периодического действия, например машин с дисковыми ножами, производительность  $P$  (кг/ч)

$$P = 3600G_0\eta / \tau,$$

где  $G_0$  — масса одного пласта, кг;  $\eta$  — коэффициент, учитывающий количество обрезаемых; ( $\eta = 0,90...0,88$ );  $\tau$  — максимальное время разрезания или операции, которая является лимитирующей, с.

Производительность машин непрерывного действия при равномерном движении транспортера  $P$  (кг/ч)

$$P = 3600J_1v / (l\beta),$$

где  $J_1$  — количество продольных рядов;  $v$  — линейная скорость пласта или полосы, м/с;  $l$  — размер конфеты в направлении движения, м;  $\beta$  — число изделий в 1 кг.

При периодическом движении пласта производительность  $P$  (кг/ч)

$$P = 3600J_1v / (T\beta),$$

где  $T$  — время одного движения ножей, с.

**Монпансейная машина МВС** (рис. 13.32) предназначена для формования мелкой леденцовой карамели (монпансье), а также фигурной на палочках.



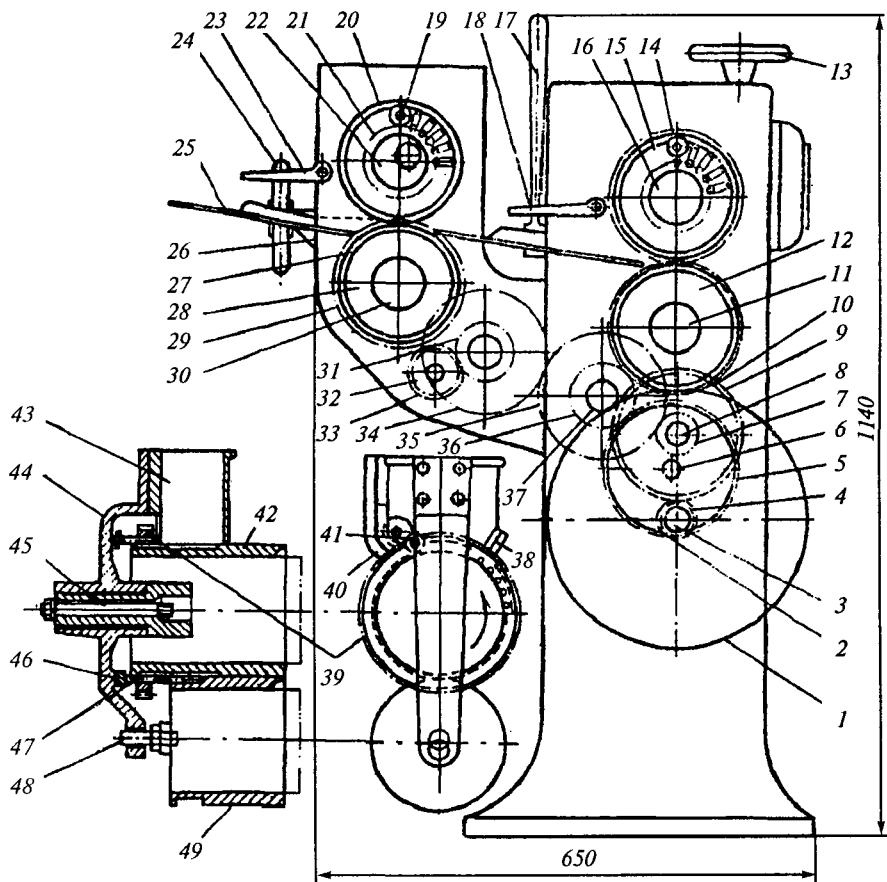


Рис. 13.32. Монпансейная формующая машина

Основные части машины — равняльные вальцы, формующие вальцы и приспособление для формования карамели на палочках. Два равняльных стальных вальца 20 и 27 диаметром 185 мм и шириной 150 мм надеты на барабаны 21 и 28 и закреплены на них барашками 19. В теле барабанов 21 и 28 вдоль оси просверлены круглые отверстия, а на их внешней цилиндрической поверхности профрезерованы канавки. Отверстия и канавки сообщаются между собой. По ним при вращении вальцов проходит воздух, нагнетаемый в полую станину через отверстие А для охлаждения вальцов.

Нижний барабан 28 с зубчатым венцом 29 вращается на неподвижной оси 30. Верхний барабан 21 вращается на эксцентрической части оси 22. Ее эксцентриситет составляет 10 мм. Маховиком 24 поворачивают ось 22, изменяя расстояние между верхним и нижним вальцами. На циферблате, надетом на ось 22, отображается величина зазора между вальцами.

По лотку 25 с кронштейном 26 карамельная масса подается в зазор между рифлеными вальцами. Ограждения 18 и 23 предотвращают попадание пальцев рабочего между рифлеными и равняльными вальцами.

На полой чугунной станине смонтированы верхний 15 и нижний 12 барабаны со сменными бронзовыми формующими вальцами с наружным диаметром 200 мм и шириной 150 мм. Они закрепляются на барабанах гайками 14. Ось 11 нижнего формующего вальца цилиндрическая, а ось 16 имеет эксцентриситет. Она поворачивается маховиком 13. На оси 6 установлен приводной шкив 5 охлаждающего транспортера.

Рычагом 17 включают муфту на валу 8 с одной из шестерен 10 и 9, которые сцеплены с шестернями 4 и 2, сидящими на валу 3 вместе с приводным шкивом 1 диаметром 400 мм. Рычаг 17 заблокирован с ограждениями 18 и 23.

При формировании карамели на палочках на чугунные барабаны устанавливаются сменные формующие вальцы 49 и 42. В верхнем, более длинном, вальце от каждой формочки вдоль образующей профрезерованы канавки для палочек. Над ними на кронштейне 44 укреплена чугунная коробочка 43 для деревянных, пластмассовых или бумажных палочек. Кронштейн привернут болтами 48 и 45 к неподвижным осям верхнего и нижнего вальцов. В шестеренный венец 39 верхнего формующего вальца вставлены 28 пуансонов 47. Их концы находятся в канавках вальца. Перед формированием пуансоны, скользя по направляющей 46, укрепленной на кронштейне 44, сдвигают палочки к формочкам.

От шестерни 39 через промежуточные шестерни вращается вертушка 41 в направлении, обратном вращению верхнего вальца. Она укладывает палочку в каждую продольную канавку вальца. Скоба 40 удерживает палочки от преждевременного выпадания из канавок вальца. Направляющая 38 отводит пуансоны в крайнее положение, освобождая канавки для укладки палочек.

От электродвигателя движение передается клиновидными ремнями на шкив 1. Шкив вращается с угловой скоростью 26,0 рад/с и вращает вал 3 с шестернями 2 и 4. Эти шестерни находятся в зацеплении с шестернями 9 и 10, которые свободно сидят на валу 8. Кулачковая муфта включает одну из шестерен 9 или 10. Вал 8 с шестерней 7 поворачивает шестерню 35 с валом 37 и шестерней 36. От вала 37 движение передается в двух направлениях. Шестерня 36 вращает формующие вальцы и шкив 5. От шестерни 35 через шестерни 34, 31, 32, 33 и 29 движение получает рифленый валец 27 диаметром 185 мм.

Монпансейные формующие машины с охлаждением внутренней поверхности вальцов водой более совершенны, чем монпансейные формующие машины с воздушным охлаждением.

Техническая характеристика машины приведена в табл. 13.5.

**Ротационная штампующая машина А2-ШФК** (рис. 13.33) предназначена для формирования леденцовой карамели.

В отличие от ротационной режущей машины она снабжена пуансонами для нанесения рисунка на боковые поверхности изделий.

Машина состоит из станины 12, внутри которой расположен привод, корпуса 3 с ротором внутри, крышки 8, откидываемой рукояткой 9 и закрепляемой рукоятками 13. Корпус имеет рычаги 7, на которых укреплены направляющие. Положение рычагов фиксируется рукояткой 6. На крышке корпуса винтами 5 регулируется положение направляющей для шарнирных ножей. На станине находится стол 4, пульт управления 2, рукоятка 1 насоса, смазывающего ротор подсолнечным маслом, привод 10 подающих роликов, подающие ролики 15 с регулирующей рукояткой 11 и направляющий лоток 14.

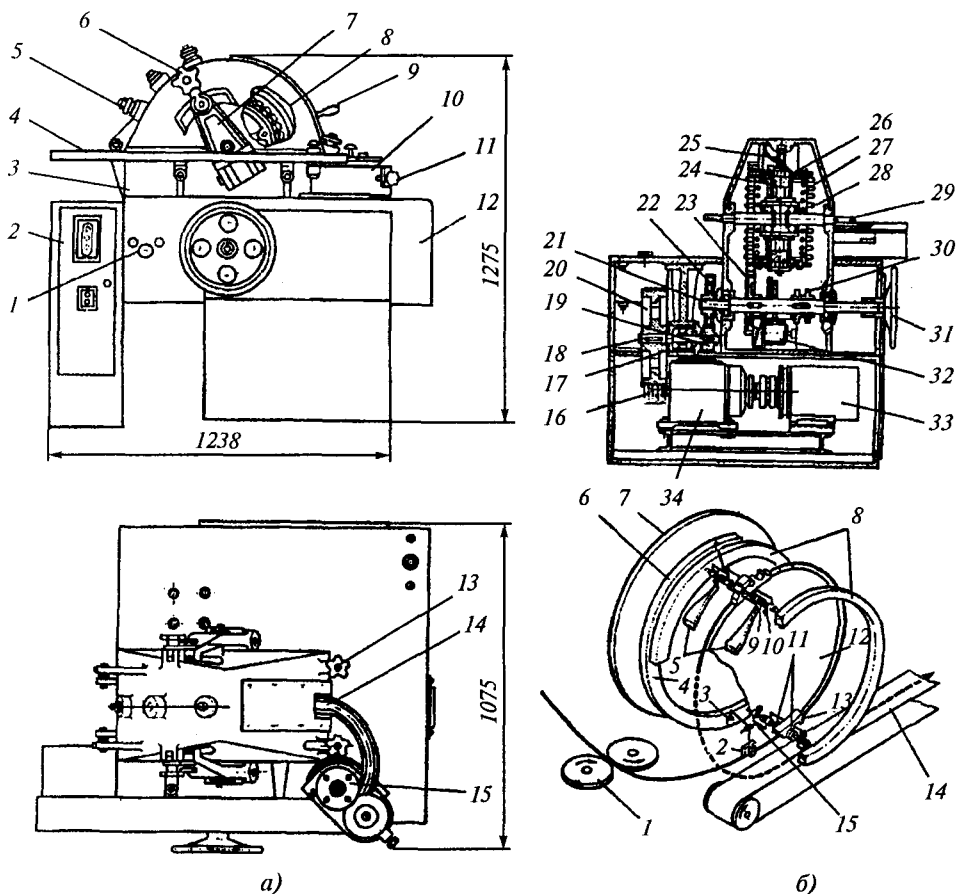


Рис. 13.33. Ротационная штампующая машина А2-ШФК:  
а — общий вид; б — схема

Привод машины состоит из электродвигателя 33, вариатора 34, на выходном валу которого имеется шкив 16. От этого шкива ремнем вращение передается шкиву 20 промежуточного вала 18, закрепленного в кронштейне 17. Шестерня 19 вращает зубчатое колесо 22 главного вала 21. От этого вала через зубчатое колесо 23 вращение передается ротору 24, на котором расположены откидные ножи и пуансоны с хвостовиками 28, а через звездочку 30 приводится в движение и барабан 32 отборочного транспортера. Этим обеспечивается постоянное равенство линейных скоростей ножей ротора и отборочного транспортера. Это очень важно, так как благодаря этому устраняется деформация еще пластичной цепочки карамели.

На главном валу находится маховик 31 для проворачивания машины вручную. Для прижатия шарнирных ножей к неподвижным служит направляющая 25. Сближение пуансонов производится направляющими, которые давят на хвостовики 28. Отходят пуансоны в стороны в результате разжатия пружин 26. На хвостовиках пуансона, кроме того, имеются штифты 27. Они в определенный момент проходят по направляющим и раздвигают пуансоны в случае поломки пружины.

Ротор свободно сидит на оси 29. Ось лежит в гнездах корпуса и закрепляется крышкой. Ротор представляет собой диск с неподвижными ножами наподобие острых зубцов и шарнирно закрепленными сбоку ножами такой же конфигурации, описанными в предыдущей ротационной режущей машине. По обе стороны от ножей и в промежутках между ними расположены пуансоны (один против другого). Таким образом, при смыкании шарнирных ножей с теми, которые расположены на роторе, образуются замкнутые камеры, в них перемещаются пуансоны и наносят рисунок на поверхность карамелек.

Машина снабжена тремя сменными роторами, один из которых не имеет пуансонов. При установке этого ротора машина работает как ротационная режущая. На этой машине можно выпускать карамель размером 36, 30 и 18 мм.

Принцип работы машины поясняет рис. 13.33, б. Карамельный жгут роликми 1 направляется к ротору 12, приводимому во вращение зубчатым колесом 7. На наружной поверхности ротора имеется венец 13, состоящий из неподвижных ножей, а сбоку расположены откидные ножи в количестве, равном числу неподвижных ножей. Каждый откидной нож 2 поворачивается на оси 15, жестко связанной с ротором. На другом конце откидного ножа имеется ролик 3, который при качении по копиру 6 плавно приближает откидной нож к неподвижному. Когда откидной нож 2 сомкнется с неподвижным, копиры 8 сводят пуансоны 11 и оставляют их сближенными и прижатыми к изделию на угле  $\pi/3$  рад поворота ротора. Затем копиры 8 кончаются и пружины 9 разводят пуансоны.

В случае поломки пружины пуансоны разводятся копирами 5, по которым скользят штифты (ролики) 10. После этого ножи 2 отводятся от неподвижных ножей копиром 4. Цепочка карамели падает на ленту 14 отборочного транспортера. Для смягчения ударов во время формования карамели копиры имеют пружинные амортизаторы. Исходя из свойств карамельного жгута с начинкой, регулируют откидные ножи так, чтобы жгут разрезался постепенно с допустимой скоростью. В случае превышения допустимой скорости резания происходит разрыв карамельной оболочки и вытекания начинки.

Техническая характеристика машины приведена в табл. 13.5.

**Цепная режущая машина ЛРМ** (рис. 13.34, а) предназначена для получения карамели «подушечка», «лопаточка», «продолговатая подушечка» и т. д.

На двух стойках 9 находятся две ведущие звездочки 7, а на стойке 1 — направляющие ролики 3, по которым движется цепь 4 с ножами. Направление движения цепей показано стрелками. Карамельный жгут, идущий от равняльных роликов, барабанов или вытягивающей машины, заправляется в направляющую 2 и зазор между ножами верхней и нижней цепей. Цепи постепенно сближаются и ножами разрезают карамельный жгут на отдельные изделия.

Угол, образуемый ножами, составляет  $(1/15 \dots 1/12)\pi$  рад. Сближение ножей регулируется винтами 5, которые перемещают ползки 6, служащие направляющими для цепей. Изделия поступают на лоток 8, а с него на охлаждающий транспортер.

Скорости цепей машины согласованы со скоростями вытягивания карамельного жгута и скоростью охлаждающего транспортера. Согласование скоростей производится перемещением ремня по поверхности конических шкивов при помощи маховика 10. Натяжение цепей производится перемещением стойки 1 винтом 11, который ввинчивается в гайку 12, жестко соединенную со стойкой 1. Для вращения винта служит рукоятка 13.

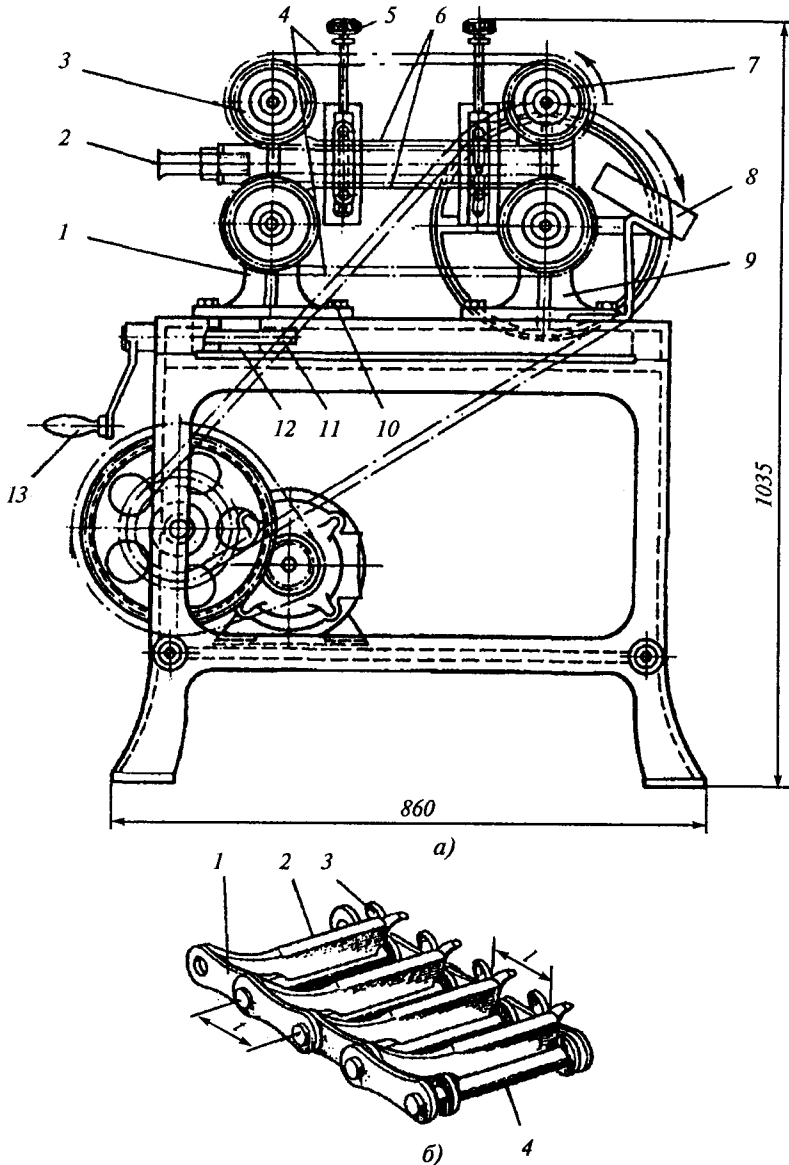


Рис. 13.34. Кармелерезущая машина:  
а — общий вид; б — цепь

Устройство цепи линейной режущей машины показано на рис. 13.34, б. На цепи расположены ножи 2 с усиками 3. Ножи и соединительные щечки 1 надеты на ось 4. Концы ее расклепаны. Для режущей цепи следует различать шаг цепи  $t$  и шаг ножей  $l$ . Часто шаг цепи и шаг ножей совпадают, но это не обязательно. Режущая цепь подвержена быстрому износу вследствие больших удельных давлений в местах шарнирного соединения осей со щечками. Для уменьшения удельных давлений целесообразнее использовать втулочные цепи.

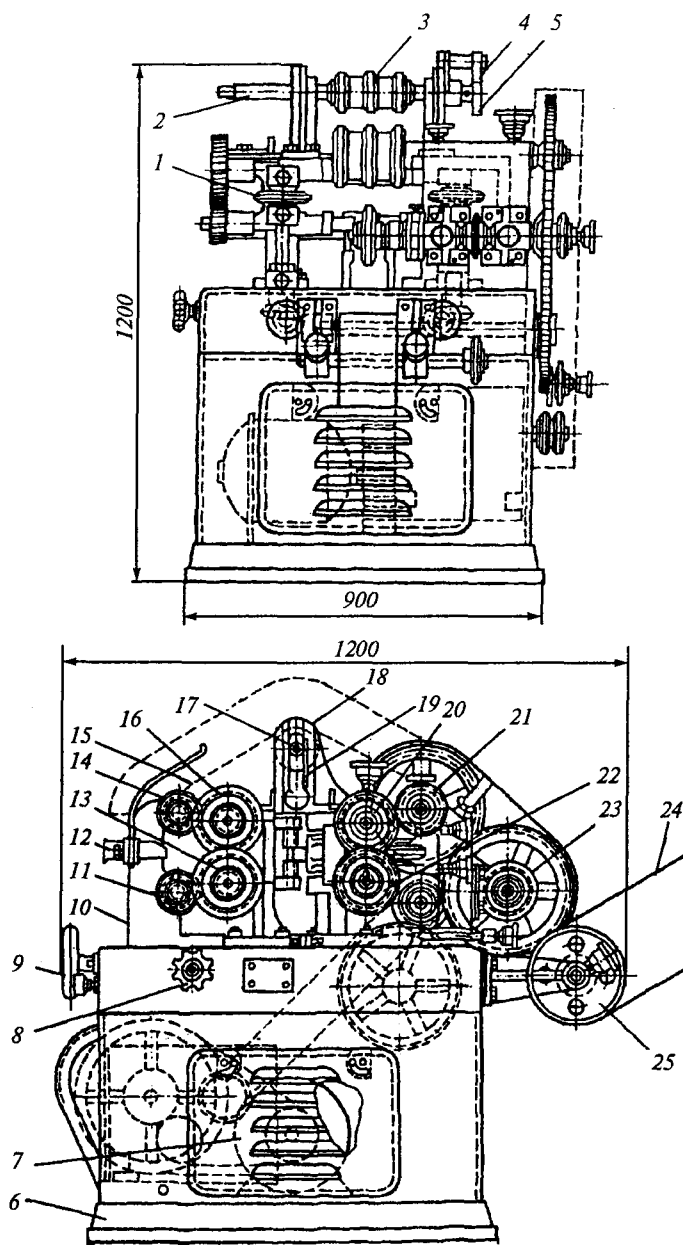


Рис. 13.35. Цепная кармелештампующая машина Ш-3

Шаг ножей на цепях следующий (мм): 10, 15, 16, 20, 21, 30, 40. Цепи с одними лишь ножами придают карамели форму выпуклой подушечки. Плоская подушечка с рисунком или без него получается на режущей цепи, имеющей кроме ножей пластины с рисунком или без него.

Цепная кармелештампующая машина Ш-3 (рис. 13.35) имеет штамповую цепь 15, огибающую катушку 11, натяжной ролик (на рис. не показан) и ведущую

звездочку 21. Направление вращения ведущей звездочки показано стрелкой. В средней части штампующей цепи расположены ножи. Справа и слева от ножей находятся пуансоны. Под ножами штампующей цепи движутся ножи нижней цепи. Эта цепь натянута на ведущую звездочку 23 и катушку 11. Натяжение нижней цепи и предварительное натяжение верхней цепи производится перемещением задней стойки 10, в которой закреплены катушки 11 и 14. Стойки перемещают маховиком 9. Сближение пуансонов производится боковыми цепями. Машина имеет две такие цепи. Приводные звездочки 1 этих цепей вращаются вокруг вертикальных осей.

Карамельный жгут поступает в направляющую трубку 12. Из нее конец жгута захватывается ножами верхней и нижней цепей и разрезается на отдельные изделия. Разрезание жгута регулируется поворотом зубчатых колес 13, 16 и 20, 22. Колеса поворачивают кулачки, которые дают на прижимные полозки. Отрезанные от жгута изделия штампуются пуансонами верхней штампующей цепи 15. Сближение пуансонов боковыми цепями регулируется маховиком 8. Он поворачивает кулачки, которые дают на прижимные планки боковых цепей. Натягиваются боковые цепи перемещением правой (передней) стойки. По окончании штампования пуансоны разводятся в стороны направляющими полозками, которые воздействуют на штифты хвостовиков.

Натяжение штампующей цепи осуществляется рукояткой, надеваемой на вал 2. При повороте вала по часовой стрелке колесо 17 перекачивается по рейке 19 вверх, с колесом поднимается вверх натяжная катушка 3 и натягивает штампующую цепь 15. Собачка 4 не позволяет храповому колесу 5 вращаться против часовой стрелки, не давая тем самым колесу 17 и натяжной катушке 3 переместиться вниз.

Цепочка отштампованной карамели отводится ленточным транспортером 24 с ведущим барабаном 25. Он кинематически жестко связан с ведущими звездочками штампующей и режущей цепей. Машина приводится в движение электродвигателем 7, расположенным внутри пустотелой станины 6. Сверху цепи закрыты кожухом 18.

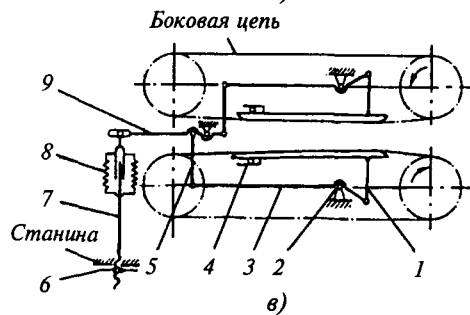
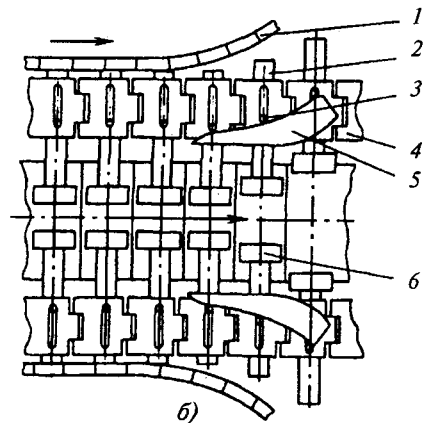
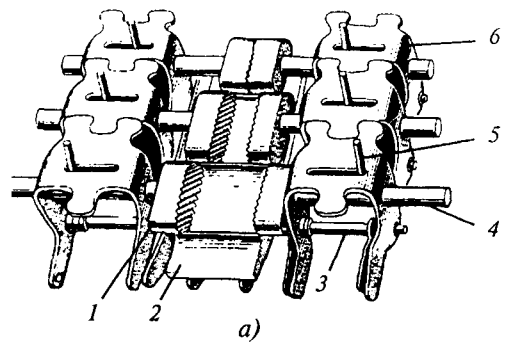


Рис. 13.36. Узлы штампующей машины:  
а — штампующая цепь; б — схема сближения и разведения пуансонов; в — механизм регулировки сближения пуансонов

Верхняя штампующая цепь (рис. 13.36, *a*) состоит из трех частей. Средняя часть представляет собой ножи 2, надетые на оси 3. На этих же осях находятся мостики 6, в которые вставлены хвостовики 4 с пуансонами 1 на конце. Хвостовик имеет штифт 5, который находится в пазу мостика. Карамельным изделиям, отрезанным от жгута ножами и нижней цепью, пуансоны при их сближении придают форму. Они же наносят рисунок на боковые поверхности изделий.

Направление движения штампующей цепи 4 и боковых цепей 1 показано стрелками на рис. 13.36, *b*. Пуансоны 6 вначале сжимают карамельки, т. е. боковые цепи 1 давят на хвостовики 2. Затем цепи расходятся в стороны и не соприкасаются с хвостовиками. В этот момент штифты 3 встречаются с неподвижными направляющими 5 и под их давлением отводят пуансоны в стороны, освобождая карамель.

В зависимости от формы и размера карамели необходимо менять положение боковых цепей для изменения степени сближения пуансонов. Регулировка сближения пуансонов осуществляется механизмом, показанным на рис. 13.38, *в*. Вращая рукоятку 6, перемещают винт 7, который через рычаги 9 и 5 поворачивает вокруг оси 2 коромысло 3. Оно передвигает ползки 1, вращающиеся вокруг неподвижного стержня 4. Пружины 8 являются предохранительными.

Техническая характеристика машины приведена в табл. 13.6.

Таблица 13.6. Техническая характеристика штампующих и режущих машин

Показатель	МВС	А2-ШФК	ЛРМ	Ш-3
Производительность, кг/ч	650	600	1500	500...845
Скорость рабочего органа, м/с	0,57	0,96	0,3...1,8	0,74...1,07
Потребная мощность, кВт	1,0	1,5	1,0	2,2
Габаритные размеры, мм	650×500× ×1140	1238×1075× ×1275	860×520× ×1035	1200×900× ×1200
Масса, кг	250	880	209	825

**Инженерные расчеты.** Производительность монпансейной машины  $\Pi$  (кг/ч) определяется формулой

$$\Pi = 3600J_1\omega_1\eta / (\delta \cdot 2\pi),$$

где  $J_1$  — число формочек на одном вальце;  $\omega_1$  — угловая скорость вальца, рад/с;  $\eta$  — коэффициент использования машины;  $\delta$  — число изделий в 1 кг.

Производительность режущей и штампующей машины  $\Pi$  (кг/ч) подсчитывается по формуле

$$\Pi = 3600v\eta / (l\chi),$$

где  $v$  — линейная скорость кромки ножей на вращающемся барабане или цепи, м/с;  $\eta$  — коэффициент использования машины;  $l$  — расстояние между ножами, м;  $\chi$  — число изделий в 1 кг.

Потребная мощность  $N$  (кВт) привода цепной режущей машины равняется

$$N = (P_T + P_r)v / (1000\eta),$$

где  $P_T$  и  $P_r$  — тяговые силы на звездочках, Н;  $v$  — линейная скорость, м/с;  $\eta$  — коэффициент полезного действия приводного механизма.



\* \* \*

*В этой главе наиболее важными являются следующие моменты.*

*1. Механизм и закономерности процессов формования исключительно сложны и требуют дальнейшего изучения и исследования с целью оптимизации функционирования оборудования по показателям производительности, энергозатрат и качества отформованного материала.*

*2. Разнообразие технологических свойств пищевых сред определяет весьма широкую палитру конструкций рабочих органов формирующих машин.*

*3. Значительные усилия, возникающие при деформировании формируемого материала, обуславливают необходимость расчетов, обеспечивающих прочность и надежность деталей и узлов привода машин.*

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется процессом экструзии?
2. В каких отраслях пищевой промышленности применяются экструдеры?
3. Какова классификация экструдеров?
4. Каковы основные конструктивные факторы, влияющие на эффективность процесса экструзии?
5. Каково устройство и принцип работы экструдера?
6. Какие требования предъявляются к материалу матриц экструдера?
7. Какова классификация машин для формования выдавливанием?
8. Каково устройство и принцип работы режущих машин?
9. Каковы основные конструктивные факторы, влияющие на эффективность процесса штампования?
10. Каково устройство и принцип работы ротационной штампующей машины?
11. Каково устройство и принцип работы макаронного прессы?
12. Каковы основные факторы, влияющие на эффективность процесса прессования?
13. По какому признаку можно классифицировать матрицы макаронных прессы?
14. В чем сущность процессов формования выдавливанием, штампованием, прессованием и отсадкой? Каковы общность и различие этих процессов?
15. Каковы основные недостатки и преимущества цепных режущих машин?
16. В чем заключается расчет прессы?
17. Каким образом рассчитывается производительность отливочных машин?
18. Каким образом рассчитывается производительность карамелеформирующих машин?
19. Каково устройство и принцип работы отливочного агрегата?
20. Каково устройство и принцип работы монпансейной формирующей машины?

## Заключение к первой книге

Вы проработали ровно половину учебного материала. Какой же можно подвести промежуточный итог?

Обзор технологических линий, которым преимущественно посвящена Часть I учебника, показывает, что современные линии пищевых производств, как правило, создавались для механизации основных технологических операций путем объединения специализированных машин и аппаратов. Такое строение линий является первой, экстенсивной, стадией развития их пространственно-временной структуры, для которой характерны большая номенклатура составных частей линии, значительные габаритные размеры и энергопотребление оборудования, применение ручных операций при контроле и управлении технологическими процессами.

На второй, интенсивной, стадии развития технологических линий не следует ограничиваться только проектно-конструкторскими методами поиска новых технических решений, а широко использовать результаты глубоких научных исследований. Нужны новые инженерные решения технологических потоков на основе интенсификации процессов, новых методов преобразования сырья в продукт, новых способов подвода энергии к обрабатываемой среде, совмещения технологических и транспортных операций и др. Разработка таких технологий обеспечит создание блочно-модульных автоматизированных технологических комплексов и линий, обладающих интенсивной пространственно-временной структурой и высокими технико-экономическими показателями.

Авторы хотели бы особо подчеркнуть, что в развитии технологических линий важнейшее значение имеет инженерное творчество, алгоритм которого достаточно формализован.

К сожалению, подвести краткий итог обзору конструкций машин и аппаратов не представляется возможным, поскольку требования к удобству пользования учебником обусловили его издание в двух книгах. В этой связи авторам пришлось пойти на то, чтобы «разрезать учебник по живому», т.е. Часть II «Машины и аппараты — преобразователи пищевых сред» разделить следующим образом: раздел А оставить в первой книге, а разделы Б, В и Г перенести во вторую книгу. Но структура учебного материала и стиль его изложения сохранены.

Авторы ждут Вас на страницах второй книги учебника.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автоклавы 782—784  
Автоопылки и копильные установки 1144—1146  
Агрегаты для брожения опары и теста 1073—1080  
— порционного брожения 1073—1076  
— поточного приготовления теста 1076—1079  
Агрегаты для посола мяса 1118  
— комплексы оборудования 1119—1120  
— посолочные автоматы 1119—1122  
Аппараты для брожения и дображивания пива 1054—1059  
— главного брожения 1054—1056  
— дображивания 1056—1057  
— цилиндрические бродильные 1057—1059  
Аппараты для брожения кислого сула 1070—1072  
— бродильно-купажные 1070—1071  
— бродильные 1071—1072  
Аппараты для нагревания, уваривания и варки 723—733  
— вакуум-подогреватели 725  
— варочные котлы 726—728, 731—733  
— кожухотрубные подогреватели 723, 724  
— реакторы 726, 727  
— temperирующие сборники 725, 726  
Аппараты для получения диффузионного сока 961—968  
— колонные 961—965  
— ротационные 966—968  
— шнековые 965, 966  
Аппараты для посолки, мойки и обсушки сыров 1101—1106  
Аппараты для сбраживания сула при производстве вина 1065—1070  
— для непрерывного брожения 1066, 1067  
— для сбраживания сула на мезге 1067—1069  
Аппараты для сбраживания сула при производстве спирта 1061—1063  
— головные бродильные 1062, 1063  
— дображивания 1061  
Аппараты для экстракции 970—984  
— желатина 982—984  
— растительного масла 973—982  
— — карусельные 979—982  
— — ленточные 976—979  
— — шнековые 973—976  
Аппараты 1037  
— дрожжевые 1037  
— дрожжерастительные 1038  
Аспирационная колонка 314, 315  
  
Барабанные сушильные агрегаты 807—812  
Биореакторы 1043—1048  
Бичерушки 366—370  
Бланширователи барабанные 778, 779  
— ковшовые 776—778  
  
Вальцовые станки 411—423  
  
Ванна нормализации 603—605  
Варено-сушеных круп производства технологическая линия 137—141  
Вареных колбас производства технологическая линия 159—162  
Вафель производство технологическая линия 120—124  
Взбивальные машины 620—624  
Виноматериалов производства технологическая линия 70—73  
Водки производства технологическая линия 153—156  
Воздушно-ситовые сепараторы 273—283  
Воздушные сепараторы 310—314  
Волчок-дробилка 452, 453  
Волчки 454—456  
Ворошители ковшовые 1026—1030  
— шнековые 1023—1025  
Вторичного виноделия технологическая линия 141—144  
Вымольные машины 500, 501  
Выпарные аппараты и установки 735—752  
— вакуум-аппараты 741—745  
— выпарные аппараты 735—741  
— выпарные установки 750—752  
— змеевиковые аппараты 748—750  
— пленочные аппараты 738—741  
Выпечка 741, 742  
  
Газированных безалкогольных напитков производства технологическая линия 150—153  
Гомогенизаторы 464—469  
Гребнеотделители 371—374  
  
Деташеры 505, 506  
Диффузия 957—959  
Дозирование пищевой продукции 1161—1191  
— дозатор весовой 1166—1172, 1183—1186  
— — объемный 1162—1166, 1186—1188  
— метод дозирования весоизмерительный 1182  
— объемный 1181  
— опорожнение мерной емкости 1179, 1180  
— питатели штучных изделий 1172—1175, 1189—1191  
— принцип действия дискретный 1161, 1162  
— — непрерывный 1161  
— систематизация процессов дозирования 1162—1175  
— физико-механические свойства продукции 1178—1180  
Дробилки 423—427  
Дробильно-сортировочно-очистительные машины 507—511  
Дымогенераторы 1153—1155  
  
Жареного и растворимого кофе производства технологическая линия 177—182

- Завертывание штучных изделий 1193—1227  
 — машины с заверточной камерой 1193, 1202—1209, 1222, 1223  
 — с заверточным конвейером 1195  
 — с заверточным ротором 1194, 1209—1214  
 — с путевыми подгибателями 1199, 1214—1221  
 — принципы действия  
 — — дискретный 1193  
 — — непрерывный 1195  
 — процессы завертывания 1193—1199  
 — — многопозиционный 1194  
 — — однопозиционный 1193  
 — — путевой 1199  
 — систематизация процессов завертывания 1193—1199  
 Замораживание 894—897  
 Запекание 841  
 Заторно-сусловарочные аппараты 771, 772  
 Заторные аппараты 764—768  
 Затяжного печеня производства технологическая линия 114—120  
 Здоровое питание 1322  
 — концептуальные положения 1322, 1323  
 — научно-техническая политика 1323  
 — основные направления 1323  
 Зерносушилки рециркуляционные 803—806  
 — шахтные 796—803
- Измельчители** 449—452, 461, 462  
 Износ деталей оборудования коррозионный 1306  
 — механический 1306  
 — молекулярно-механический 1306  
 — усталостный 1306  
 Инспекция 324  
 Инспекционные транспортеры 330—333
- Кваса производства технологическая линия** 148—150  
 Какао-порошка производства технологическая линия 183—190  
 Калиброватели 334—337  
 Калибрование 324  
 Камеры замораживания 917—920  
 Камеры охлаждения 916, 917  
 Камнеотделительные машины 260—265  
 Карамели производства технологическая линия 124—131  
 Картофельного крахмала производства технологическая линия 63—66  
 Классификация машин и аппаратов пищевых производств 22—24  
 — оборудования для ведения процессов диффузии и экстракции 957—984  
 — — для выпечки и обжарки 841—891  
 — — для завертывания 1193—1221  
 — — для измельчения сырья 401  
 — — для инспекции, калибрования и сортирования плодов и овощей 324  
 — — для дозирования 1161—1191  
 — — для копчения 1141—1155
- — для мойки сырья и тары 213  
 — — для очистки и сепарирования зерна 254  
 — — для очистки сырья от покрова 341  
 — — для охлаждения и замораживания 894—955  
 — — для солодоращения и получения ферментных препаратов 1019—1048  
 — — для посола 1116—1029  
 — — для смешивания 596  
 — — для созревания 1131—1139  
 — — для сортирования и обогащения сыпучих продуктов измельчения 471  
 — — для спиртового брожения 1051—1080  
 — — для сушки 792—839  
 — — для разделения жидкообразных неоднородных пищевых сред 513  
 — — для ректификации спирта 987—1016  
 — — для темперирования и повышения концентраций 719—788  
 — — для фасования 1228—1252  
 — — для формования 637  
 Коллоидные мельницы 459—461  
 Колонны бражные 989  
 — ректификационные 989  
 — эспюрационные 1008—1011  
 Контактные устройства клапанные 990—992  
 — колпачковые 990  
 — ситчатые 990  
 — тарельчатые 990  
 — чешуйчатые 991  
 Комплексы оборудования для изготовления готовой продукции 32, 33  
 — для образования промежуточных полуфабрикатов 29—31  
 — для получения окончательного полуфабриката 31,32  
 Конструирование линии 1370—1376  
 — графическая часть 1375  
 — расчеты  
 — — кинематический 1372  
 — — теплотехнический 1374  
 — — технологический 1371  
 — — энергетический 1373  
 — сущность 1370  
 — технологичность конструкции 1375  
 Копчение мяса и рыбы 1141—1143  
 Крекера производства технологическая линия 114—120  
 Кремовзбивальная машина 620—623  
 Кукурузных хлопьев производства технологическая линия 166—169  
 Культивирование микроорганизмов 1019—1021  
 Куттеры 456—459
- Линии для производства пищевых продуктов путем разборки** 25, 26, 54—105  
 — для производства пищевых продуктов путем сборки 26, 107—165  
 — для производства пищевых продуктов путем комбинированной переработки 26, 27, 166—210  
 Льдогенераторы 939—944

- Магнитные сепараторы 316—322  
 Макаронных изделий производства технологическая линия 110—114  
 Маслоизготовители 570—575  
 Маслообразователи 575—581  
 Массообменные процессы 719  
 Машины для изолирования и созревания сыров 1107—1113  
 Машины для мойки зерна 216—222  
 — — — свеклы 223—229  
 — — — плодов и овощей 230—236  
 — — — туш животных 238—241  
 — — — тары 241—251  
 Машины для нарезания пластов и заготовок 684—688  
 Машины для обрубки рогов 449—450  
 Машины для отделения шелухи и плодоножек 378—380  
 Машины для очистки картофеля и корнеплодов 375—378  
 Машины для рубки голов 447—449  
 Машины для снятия оперения птиц 394—398  
 Машины для сортировки салаки 337, 338  
 Машины для формования прессованием 675—682  
 Машины для формования штампованием и отсадкой 667—670  
 Машины для шелушения и шлифования зерна 361—365  
 Машины отливочные 651—657  
 Машины отсадочные 670—673  
 Машины плющильные 437—440  
 Мельницы 429—436  
 Мембранные модули и аппараты 562—568  
 Мембранные процессы 517  
 Микрофльтрация 517  
 Молочно-кислое брожение 1084  
 Монпансейная машина 688—690  
 Мороженого производства технологическая линия 204—207  
 Морозильники бытовые 945—953  
 Морозильные аппараты 921—930  
 Мукомольного производства технологическая линия 54—59  
 Мясных консервов производства технологическая линия 162—165  
 Настоек, наливок и ликеров производства технологическая линия 156—158  
 Обжарка 841, 842  
 Оборудование для измельчения сырья 401  
 Оборудование для очистки и сепарирования зерна 254  
 Оборудование для посола рыбы 1127—1129  
 Оборудование для свертывания молока и обработки сгустка 1091—1100  
 Оборудование для созревания мяса 1131—1139  
 — для прессования 675  
 — отделители сыворотки 1095—1097  
 — сыродельные ванны 1092—1095  
 Оборудование для шпарки 868—871  
 — ванны шпарильные 869—871  
 — чаны шпарильные 868, 869  
 Обоечные машины 350—354  
 Оборудование обслуживания и ремонт 1305—1317  
 — в будущем 1317—1320  
 — виды ремонта 1310  
 — — капитальный 1312  
 — — — средний 1311  
 — — текущий 1311  
 — категория сложности ремонта 1313  
 — ремонтный цикл 1313  
 — система 1307—1315  
 Обратный осмос 519—521  
 Овсяных хлопьев производства технологическая линия 170, 171  
 Опаливание 841, 871  
 Отстаивание 513  
 Отстойники 526—531  
 Охлаждение 894—896  
 Охладители 899—901, 907—913  
 Ошпариватели 773—777  
 — закрытые 773, 774  
 — ленточные 775—777  
 — шнековые 774, 775  
 Падди-машины 304—307  
 Пастеризаторы 785—788  
 Пастеризованного молока производства технологическая линия 93—97  
 Печи для запекания 885—887  
 — опалочные 871—973  
 — СВЧ-установки 889—891  
 — с канальным обогревом 851—855  
 — с комбинированной системой обогрева 858—860  
 — с электрообогревом 863—866  
 — туннельные с канальным рециркуляционным обогревом 861—863  
 Пива производства технологическая линия 145—147  
 Пищевые производства  
 — машинные технологии будущего 42—52  
 — — морфология операции 42—47  
 — — морфология потока 47—50  
 — — проблемы развития 50—52  
 — машины и аппараты 22—24  
 — технологическая операция 25  
 — технологическая система 25  
 — типовой процесс 25  
 — системы машин 27  
 Пневмосепарирование 255, 256  
 Повышение концентраций 719, 720  
 Помадных конфет производства технологическая линия 131—137  
 Посол мяса и рыбы 1116, 1117  
 Прессы 582  
 Приоритеты развития науки и техники в отраслях 1327—1361  
 — винодельческой 1344  
 — дрожжевой 1347

- зерноперерабатывающей 1328
- кондитерской 1336
- крахмалопаточной 1333
- масло-жировой 1334
- маслосырдельной 1357
- молочной 1354
- мясной 1349
- пивобезалкогольной 1345
- пищекоцентрационной 1341
- плодоовощной 1338
- птицеперерабатывающей 1352
- сахарной 1332
- спиртовой и ликероводочной 1342
- хлебопекарной и макаронной 1330
- холодильной 1359
- Продукты питания**
  - дисперсные системы 21, 22
  - показатели качества 19—21
  - реологические свойства 21
  - текстурные признаки 21
  - технологические свойства 21, 22
- Проектирование линии 1362—1370**
  - анализ научно-технической информации 1362
  - патентные изыскания 1363
  - предпроектные изыскания 1362
  - технико-экономическое обоснование 1362
  - технические исследования 1363
  - технический проект 1369
  - техническое задание 1367
  - техническое предложение 1368
  - техническое проектирование 1366
  - технологические исследования 1363
  - технологическое проектирование 1366
  - сущность 1365
  - эскизный проект 1368
- Просеиватели 284—289**
- Протирающие 345**
- Протирающие машины 381—386**
- Процессы биотехнологические 1019**
  - биохимические 1019
  - массообменные 719
  - микробиологические 1019
  - тепловые 719
- Птицы первичной переработки технологическая линия 101—105**
- Развариватели 755—762**
  - варочные колонны 757—759
  - выдерживатели 760
  - контактные головки 758, 759
  - паросепараторы 761
  - смесители-предразварники 755—757
  - трубчатые разварники 761, 762
- Рассева 475—488**
- Реакторы 726, 727**
- Резание 402**
- Резательные машины 405, 441—443**
- Ректификация 987, 988**
- Растительного масла производства технологическая линия 66—70**
- Ремонтных работ планирование 1315—1317**
  - количество запасных частей 1316
  - количество рабочих 1316
  - потребность материалов 1316
  - продолжительность 1315
- Ротационная штампующая машина 667—669**
- Рыбных консервов производства технологическая линия 207—210**
- Сахара-песка производства технологическая линия 59—63**
- Свеклорезки 444—446**
- Сельскохозяйственных животных первичной переработки технологическая линия 97—101**
- Сепараторы 535—539**
- Сепарирование 513**
- Система научного и инженерного обеспечения пищевых производств 13241327—**
  - концептуальная основа 1327
  - основные направления 1323
- Скальператор барабанный 259, 260**
- Ситовечные машины 488—499**
- Смесители для сыпучих продуктов 630—632**
- Сливкосозревательные ванны и резервуары 1085—1090**
- Сливочного масла производства технологическая линия 191—194**
- Смесители для посола мяса 1122—1126**
- Смешивание 596**
- Созревание молока, сливок и сыров 1083—1084**
- Созревание мяса 1131, 1132**
- Солода производства технологическая линия 75—78**
- Солодоращение 1019, 1020**
- Сортирование 324**
- Спирта этилового производства технологическая линия 79—84**
- Спиртовое брожение 1052, 1052**
- Способы измельчения 401, 402**
- Способы очистки сырья от покрова 341—345**
- Способы передачи теплоты 719—721**
  - конвекция 720
  - тепловое излучение 721
  - теплопроводность 720
- Стерилизаторы 784, 785**
- Сушеварочные аппараты 768—771**
- Сушеного картофеля и овощей производства технологическая линия 171—176**
- Сушка вакуум-сублимационная 792, 796**
  - диэлектрическая 792
  - конвективная 792, 794
  - кондуктивная 792, 795
- Сушилки барабанные 807—812**
  - вакуум-сублимационные 830—836
  - конвейерные 813—820
  - микроволновые 837—839
  - распылительные 825—829
  - с кипящим и виброкипящим слоями 821—824
  - шахтные 796—803
- Сыра производства технологическая линия 199—204**

- Творога производства технологическая линия — — путевой 1229—1231  
194—199 — систематизация процессов фасования
- Тестомесильные машины непрерывного действия 1228—1231  
614—619 Фасование жидких и пастообразных продуктов  
— периодического действия 608—613 1255—1302  
Теплообменные процессы 719 — машины 1261—1299
- Темперирование 719, 720 — — с вертикальным пакетообразователем 1258,  
Термоагрегаты 1152, 1153 1290, 1291  
Термокамеры автоматизированные 1147—1151 — — с операционным конвейером 1256,  
— универсальные 1150 1286—1289
- Технологическая линия вторичной переработки сырья — — с операционным ротором 1256, 1263—1286  
26 — — с фасовочной платформой 1255, 1261—1263  
— комбинированной переработки сырья 26, 27 — принципы действия 1255—1259  
— первичной переработки сырья 25, 26 — — дискретный 1255, 1263—1279  
— производительность 33—37 — — непрерывный 1256, 1279—1286  
— производительность теоретическая 34—36 — процессы фасования 1255—1259  
— производительность техническая 34 — — многопозиционный 1255, 1263—1299  
— производительность эксплуатационная 37 — — однопозиционный 1255, 1261—1263  
— требования к оборудованию 39, 40 — — путевой 1258, 1290—1292  
— требования к процессам 38, 39 — систематизация процессов фасования  
— требования к формированию комплексов обору- 1255—1259  
— дования 40—42 Ферментаторы механические 1044, 1045  
Томатного сока производства технологическая линия — пневматические 1045—1048  
73—75 Ферментные препараты 1019  
Триеры 294—303 Ферментных препаратов производства технологи-  
ческая линия 87—93
- Ультрафильтрация 518 Фильтрация 513  
Упаковывание пищевой продукции 1160—1302 Фильтры 541—561  
Установки брагоперегонные 992 Финиширование 341—346  
— брагоректификационные 1004 Флегма 987  
— для снятия шкур животных 387—392 Формование 637  
— для получения абсолютного спирта 1015 Фризеры 932—936  
— криогенного замораживания 954  
— охладительные 899  
— ректификационные 998  
— солодорастильные 1022—1032  
— — барабанные 1030—1032  
— — с передвижной грядкой 1024, 1025  
— — с совмещенным способом 1029, 1030  
— — ящичные 1022
- Фасование сыпучих продуктов и штучных изделий  
1228—1254  
— машины 1233—1252  
— — с вертикальным пакетообразователем 1229,  
1243—1249  
— — с горизонтальным пакетообразователем 1230,  
1249—1252  
— — с операционным конвейером 1229,  
1239—1243  
— — с операционным ротором 1228, 1233—1239  
— нагревательный элемент 1252, 1253  
— принципы действия 1228—1231  
— — дискретный 1228—1230  
— — непрерывный 1230  
— процессы фасования 1228—1231  
— — многопозиционный 1228
- Хлеба производство технологическая линия  
107—110  
Хлебопекарных дрожжей производства технологи-  
ческая линия 84—87  
Холодильники бытовые 945—948
- Центрифугирование 513  
Центрифуги 532534—
- Цепная режущая машина 692—694  
Цепная карамелештампующая машина 694—696
- Чаны 868, 869
- Шоколада производства технологическая линия  
183—190  
Шпарка 841, 868
- Щеточные машины 354—360
- Экстракция 957  
Экструдеры 642—649  
Экструзия 637  
Энтолейторы 504, 505  
Эскимогенераторы 936—939