

**Қостанай облысы әкімдігі білім басқармасының  
«Қостанай жоғары политехникалық колледжі» КМҚК  
КГКП «Костанайский политехнический высший колледж»  
Управления образования акимата Костанайской области**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ /  
Аспирация, вентиляция и пневмотранспорт**

**Специальность: 1216000 «Элеваторное, мукомольное, крупяное и  
комбикормовое производство»**

**г. Костанай, 2022 г**

## Пояснительная записка

Цель изучения дисциплины – изучение оборудования аспирационных и пневмотранспортных установок, проведение расчетов и компоновки систем вентиляции и пневмотранспорта, а также осуществлению подготовки специалистов, способных к самостоятельному решению задач, стоящих перед пищевой промышленностью

### Основные задачи изучения дисциплины

- Различать виды воздухообмена;
- Читать технологические схемы аспирационных установок;
- Проводить расчеты и компоновку аспирационных и пневмотранспортных установок;
- Определять основные параметры воздуха, используя I-d диаграмму;
- Измерять скорость и запыленность воздуха

### После окончания курса студенты должны уметь:

- объяснять зависимость между скоростным давлением и скоростью воздуха в воздуховоде;
- уметь записывать выражение для общего (полного) давления во всасывающем и нагнетающем воздуховоде;
- подбирать циклон и определять его сопротивления;
- подбирать фильтра и определять его сопротивления и эффективности работы;
- подбирать вентилятор по его индивидуальной характеристике;
- обслуживать оборудования и обеспечивать его нормальное функционирование

### Критерии выставления отметок

*Оценка «5» выставляется, если обучающийся*

- безошибочно излагает материал устно или письменно;
- обнаружил усвоение всего объема знаний, умений и практических навыков в соответствии с программой;
- сознательно излагает материал устно и письменно, выделяет главные положения в тексте, легко дает ответы на видоизмененные вопросы;
- точно воспроизводит весь материал, не допускает ошибок в письменных работах;
- свободно применяет полученные знания на практике.

*Оценка «4» выставляется, если обучающийся*

- обнаружил знание программного материала;
- осознанно излагает материал, но не всегда может выделить существенные его стороны;
- обладает умением применять знания на практике, но испытывает затруднения при ответе на видоизмененные вопросы;
- в устных и письменных ответах допускает неточности, легко устраняет замеченные учителем недостатки.

*Оценка «3» выставляется, если обучающийся*

- обнаружил знание программного материала, но испытывает затруднения при его самостоятельном воспроизведении и требует дополнительных уточняющих вопросов учителя;
- предпочитает отвечать на вопросы воспроизводящего характера;
- испытывает затруднения при ответе на видоизмененные вопросы;
- в устных и письменных ответах допускает ошибки.

*Оценка «2» выставляется, если обучающийся*

- имеет отдельные представления о материале;
- в устных и письменных ответах допускает грубые ошибки.

Политика курса.

- а) Обязательное посещение занятий;
- б) Активность во время практических (семинарских) занятий;
- в) Подготовка к занятиям, выполнение домашнего задания и т.д.
- г) Отработка пропущенных занятий;

**Недопустимо:**

- а) Опоздание и уход с занятий;
- б) Пользование сотовыми телефонами во время занятий;
- в) Обман
- г) Несвоевременная сдача заданий и др.

# Содержание

## Введение.

### I раздел. Вентиляционные установки

1. Тема 1.1 Введение. Общие понятия о вентиляции.
2. Тема 1.2. Мероприятия по предупреждению пожаров и взрывов. Основные параметры воздуха. Элементы промышленной аэродинамики
3. Тема 1.3. Пыль и пылевоздушные смеси.
4. Тема 1.4. Оборудование вентиляционных установок. Пылеотделители.
5. Тема 1.5. Вентиляторы.
6. Тема 1.6. Проектирование и расчет вентиляционных установок.

### II раздел. Пневмотранспортные установки

7. Тема 2.1 Общие понятия о пневматическом транспорте
8. Тема 2.2. Оборудование пневмотранспортных установок
9. Тема 2.3 Типы пылеотделителей
10. Тема 2.4. Проектирование и расчет пневмотранспортных установок.
11. Тема 2.5 Пневматический транспорт высоких концентраций и аэрожелоба.

### Методические рекомендации по выполнению практических работ

12. **Практическое занятие №1.** Алгоритм подбора циклона и определение сопротивления циклона. Подбор фильтров к аспирационным сетям, определение сопротивления и эффективности их работы.
13. **Практическое занятие №2.** Подбор вентиляторов к аспирационным сетям. Решение задач на законы пропорциональности.
14. **Практическое занятие №3.** Составление плоскостных схем аспирационных установок. Расчёт местной аспирационной сети методом потерь давления на единицу длины воздухопровода.
15. **Практическое занятие № 4.** Особенности расчёта разветвлённой аспирационной сети. Уравнивание потерь давления в точках слияния воздушных потоков различными способами с применением номограмм, таблиц оформление расчёта.
16. **Практическая работа №5.** Расчет простой пневмотранспортной установки, оформление расчетных таблиц.
17. **Практическая работа №6.** Расчет разветвленной пневмотранспортной установки, оформление расчетных таблиц.
18. **Практическая работа №7.** Упражнения по расчету аэрожелобов.

## Тема 1.1: Введение. Общие понятия о вентиляции.

1. Воздухообмен в помещениях.
  - А) Естественная вентиляция
  - Б) Механическая вентиляция.
2. Принципиальная схема вентиляционных установок

### 1. Воздухообмен в помещениях.

Основоположником современной науки о вентиляции является великий русский ученый М. В. Ломоносов, который еще в 17 веке предложил новую теорию естественной тяги.

Избыточное тепло, влага, газы и пыль ухудшают гигиеническое состояние воздуха производственных и жилых помещений. Организуя воздухообмен в помещении при помощи вентиляции, поддерживают параметры воздуха на уровне требований санитарно-гигиенических норм и особенностей технологического процесса.

Для создания и поддержания воздухообмена в помещении необходимо движение воздуха, которое может быть только при наличии разности давлений.

По виду применяемого побудителя движения различают вентиляционные системы (вентиляцию):

с естественным побуждением движения воздуха - естественную вентиляцию;

с механическим побуждением движения воздуха - механическую (искусственную) вентиляцию.

При естественной вентиляции воздух перемещается в результате разности плотностей внутри и снаружи помещения, а также вследствие действия ветра.

При механической вентиляции воздух перемещается при помощи вентилятора, который создает разность давления.

Вентиляция в помещении может быть общей, местной и смешанной. Общая вентиляция поддерживает нормальные гигиенические условия воздушной среды во всем помещении, местная - только на отдельных рабочих местах. По направлению движения воздуха различают вытяжную, приточную и комбинированную вентиляцию.

### А) Естественная вентиляция.

Различают неорганизованную и организованную. При неорганизованной естественной вентиляции (инфильтрации) загрязненный (отработанный) воздух удаляется через щели, неплотности в строительных ограждениях, стенах, неоткрытые окна, двери. Величину этого воздухообмена расчетом определить нельзя, так как он не регулируется и зависит от разности температур внутреннего и наружного воздуха, скорости ветра, размера щелей, материала ограждений, а также площади открываемых форточек, окон и дверей.

При организованной естественной вентиляции воздухообмен в помещении происходит через створки фрамуг, каналы, вытяжные трубы и насадки. Естественная вентиляция широко распространена на промышленных предприятиях. При аэрации воздух поступает в помещение и удаляется из него через специальные отверстия, расположенные с наветренной и подветренной сторон здания на различной высоте. В теплое время года открывают нижние отверстия на высоте 0,3-1,2 метра от пола, а в холодное время года на высоте не ниже 4 метров от пола, чтобы холодный воздух успел прогреться, прежде чем достигнет рабочих мест. При аэрации обеспечивается возможность расчета и регулирования воздухообмена в помещении. Для эффективного использования силы ветра используют специальные дефлекторы на наиболее высоких участках кровли (крыши). Под действием силы ветра в патрубке дефлектора образуется разрежение и воздух из помещения через канал идет вверх к патрубку а оттуда через дефлектор наружу.

Аэрацию рекомендуется применять в помещениях с большим тепловыделением.

Естественная вентиляция имеет недостатки: поступающий в помещение воздух не подвергается предварительному нагреванию или охлаждению, увлажнению или сушке, очистке от пыли или вредных газов, удаляемый из помещения воздух не очищается.

**Б) Механическая вентиляция.** На промышленных предприятиях наибольшее применение нашли установки с механическими побудителями - вентиляторами. Они эффективнее обеспечивают перемещения любого количества воздуха и преодоления потерь давления до 15 000 Па. Наиболее эффективна местная вытяжная вентиляция, при которой пыль удаляют, отсасывая воздух из технологического оборудования. Местная приточная вентиляция позволяет создавать необходимые условия в ограниченных участках цеха.

На хлебоприемных предприятиях и заводах по переработке зерна применяют в основном всасывающие вентиляционные установки, которые аспирируют оборудование при помощи местных отсосов запыленного воздуха. При отсосе воздуха в кожухах машин создается вакуум, который препятствует выделению пыли в помещение. Всасывающие установки часто называют аспирационными.

Вентиляционные установки хлебоприемных предприятий и заводов по переработке зерна не только аспирируют (обеспыливают) оборудование, но и выполняют следующие задачи:

- Очистка зерна от примесей по аэродинамическим свойствам;
- Охлаждение рабочих органов машин, а также продуктов размола зерна;
- поддержание определенной температуры в насыпи хранящегося зерна (активное вентилирование);
- нагревание и охлаждение зерна при сушке и кондиционировании; пневматическое транспортирование продуктов размола и отходов; создание определенных санитарно-гигиенических условий в производстве; обеспечение условий предупреждающих возможность возникновения взрывов пыли и пожаров.

## **2. Принципиальная схема вентиляционных установок**

Основными элементами вентиляционной установки являются аспирируемые машины, воздухопроводы, вентилятор, пылеотделители и вспомогательное оборудование (промывная камера, калорифер или кондиционер).

По классификации вентиляционные установки хлебоприемных предприятий и заводов по переработке зерна подразделяют на местные и центральные. Местной называют установку, если она обслуживает одну обеспыливаемую машину, и центральной, если обслуживает несколько машин (точек).

В зависимости от взаимного расположения вентилятора и пылеотделителя (подачи воздуха) различают нагнетающие, всасывающие и комбинированные вентиляционные установки.

**Нагнетательной** называют вентиляционную сеть, в которой запыленный воздух нагнетается вентилятором в пылеотделитель. Воздух движется в такой последовательности: обеспыливаемая машина – воздуховод- вентилятор-воздуховод-пылеотделитель. Через вентилятор проходит запыленный воздух.

**Всасывающей** называют вентиляционную сеть, в которой запыленный воздух всасывается вентилятором через пылеотделитель. Последовательность движения воздуха следующая: Обеспыливающая машина – воздуховод-пылеотделитель-воздуховод-вентилятор. В такой сети через вентилятор проходит очищенный в пылеотделителе воздух.

Вентиляционные сети в зависимости от запыленности могут осуществлять одноступенчатую или двухступенчатую очистку воздуха с частичной рециркуляцией.

Воздух, удаляемый из производственных помещений должен быть возмещен приточными системами с искусственным побуждением.

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Кто является основоположником современной науки о вентиляции?
- 2 Перечислите виды вентиляции

3 Что представляет из себя нагнетательная вентиляционная сеть

## **Тема 1.2: Мероприятия по предупреждению пожаров и взрывов. Основные параметры воздуха. Элементы промышленной аэродинамики.**

1. Пылеобразование на хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах.
2. Взрывоопасность пыли и меры предотвращения пожаров и взрывов.

### **1. Пылеобразование на хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах.**

В зерне, поступающем на хлебоприемные предприятия, содержится определенное количество пыли. Одна часть этой пыли (минеральная и органическая) заполняет межзерновое пространство, а другая - находится на поверхности зерна.

При перемешивании и очистке зерна происходит пылеобразование, т. е. унос в пространство пыли, отделившейся от поверхности зерна, и пыли из межзернового пространства.

Пыль выделяется также при разгрузке (загрузке) бункеров, силосов, выгрузка зерна из вагонов и автомобилей, так как зерно (или мука) вытесняет воздух, который уносит большое количество пыли. Почти все операции на хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах вызывают образование пыли. На тароремонтных фабриках и в выбойных отделениях заводов по переработке

зерна пыль содержит и волокнистые частицы мешковины.

Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах подразделяют пыль по следующим категориям:

первая - пыль обоечная белая;

вторая - пыль обоечная серая;

третья - пыль аспирационная и черная обоечная.

К обоечной пыли причисляют и зерновую пыль, образующуюся при очистке зерна на щеточных и других машинах, аналогичную по качеству обоечной пыли (белой, серой и черной).

Хорошо работающая вентиляция создает необходимое разрежение в герметизирующих кожухах машин и предупреждает выделение пыли в производственные помещения, при хорошей герметизации оборудования, силосов.

Согласно ГОСТам установлены для рабочих зон производственных помещений (на высоте до 2 м над уровнем пола или площадки, где работают люди) предельно-допустимые концентрации (ПДК) пыли: зерновой - не более 4 мг/м<sup>3</sup>, мучной - не более 6 мг /м<sup>3</sup>. Не должна загрязняться окружающая среда - концентрация пыли в окружающем воздухе должна составлять 30 % от ПДК, т. е. на территории элеваторов не более 1,2 мг /м<sup>3</sup>, на территории мукомольного завода - 1,8 мг /м<sup>3</sup>. В местах постоянного проживания населения - не более 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Для уборки и удаления пыли на этажах рабочей башни элеватора, под- и надсилосных помещений используют мусоропроводы с люками для сметок, напольные отсосы, подключенные к вентиляционным сетям.

Пыль из производственных помещений убирают при помощи стационарных пневмоустановок. Для оценки санитарно-гигиенических условий труда и эффективности работы вентиляционных установок проверяют регулярно (не реже двух раз в год - в летний и зимний периоды).

### **2. Взрывоопасность пыли и меры предотвращения пожаров и взрывов.**

Промышленная пыль многих предприятий, в том числе хлебоприемных предприятий и мукомольных заводов, пожаро- и взрывоопасна.

По взрывоопасности пыль хлебоприемных предприятий и мукомольных заводов подразделяют на четыре класса. Мучную пыль относят к первому классу, как

легковоспламеняющуюся, с быстрым распространением пламени взрыва. Для ее воспламенения достаточно тепла зажженной спички. Зерновая пыль тоже легко воспламеняется, но требует источника тепла с более высокой температурой. Пыль комбикормовых заводов относят **ко второму и четвертому** классам. Взрыв пыли возможен при наличии источника воспламенения и определенной концентрации пыли в воздухе. Источником высокой температуры могут быть и разряды статического электричества.

Взрыву предшествуют воспламенение и горение аэрозоля, которые отличаются от взрыва меньшей скоростью распространения. При горении скорость распространения пламени колеблется в пределах от 5 до 10 м/с, то при взрыве она достигает 500 м/с.

Воспламеняется и горит не только пыль, находящаяся во взвешенном состоянии, но и пыль осевшая - аэрогель. Вот почему очень опасна не только взвешенная в воздухе пыль, но и пыль, осевшая даже тонким слоем на оборудовании, стенах, потолке и строительных конструкциях зданий.

Внутри оборудования и рабочих помещений взрывы пылевоздушных смесей начинаются с первичных «хлопков» и вспышек. Затем в результате ударной волны встряхивается и воспламеняется пыль (аэрозоль), находящаяся в помещении, что влечет за собой повторный взрыв.

Пожары и взрывы на хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах можно предотвратить при соблюдении следующих основных условий:

- не допускать запыленности воздуха в рабочих помещениях выше допустимых санитарных норм, а также взрывоопасных концентраций пыли в оборудовании;
- не допускать работу оборудования с выключенной аспирацией;
- систематически и тщательно убирать пыль, осевшую на оборудовании и строительных конструкциях здания;
- полностью исключить возможность возникновения тепловых источников и искрообразования.

Необходимо соблюдать требования противопожарных норм связанные с работой технологического и энергетического оборудования:

- периодически осматривать и своевременно ремонттировать отдельные узлы оборудования, чтобы исключить искрообразование в процессе работы;
- ограждения передаточных шкивов трансмиссий, электродвигателей и машин устраивать так, чтобы исключить возможность нагревания и искрообразования от ударов и трения;
- устанавливать магнитные ограждения перед машинами, в которых возможно искрообразование от попадания металлических предметов;
- для локализации местных пылевых взрывов встраивать взрыворазрядители, в некоторое оборудование (обочные и щеточные машины, вальцовые станки и дробилки, нории, фильтры и циклоны);
- применять сигнализаторы и устройства электроблокировки, обеспечивающие автоматическое выключение электродвигателя оборудования при завалах;
- применять различные системы заземления оборудования.

Рециркуляция воздуха повышает влажность воздуха внутри рабочих помещений и тем самым препятствует возникновению пожаров и взрывов.

В случае воспламенения или местного взрыва пыли вентиляционные установки следует немедленно выключить, чтобы пожар не распространился по всему зданию.

### **Тема 1.3: Пыль и пылевоздушные смеси.**

1. Понятие о пыли.
2. Классификация и характеристика пыли

#### **1. Понятие о пыли.**

Степень раздробленности вещества (твердого, жидкого и газообразного) характеризуется величиной его дисперсности.

Пылью называют совокупность тонкодисперсных частиц твердого вещества, которые могут находиться как во взвешенном состоянии в воздухе (аэрозоль), так и в виде пылевого налета на любой поверхности (аэрогель).

Запыленный воздух представляет собой дисперсную систему. Она состоит из распределенной в окружающей газообразной (воздушной) дисперсной фазе.

Возможен переход пыли из одного состояния в другое. Из аэрозольного в аэрогелевое состояние под влиянием различных сил (тяжести, электрических или центробежных).

Частицы пыли приобретают новые свойства: повышенную химическую активность при горении, способность накапливать и переносить большие электростатические заряды на поверхности оборудования, адсорбировать пары и газы.

В промышленном производстве пыль образуется в процессе измельчения твердых материалов при обработке, дроблении, размоле и просеивании. Пыль образуется также при транспортировании сыпучих материалов, при очистке зерна и сортировании продуктов его размола, при обработке тканной тары.

## **2. Классификация и характеристика пыли**

По происхождению пыль подразделяют на органическую, неорганическую и смешанную. К органической относят пыль материалов растительного происхождения - древесную, хлопковую, мучную, сахарную;

к неорганической пыли металлов - чугунную, медную, стальную, алюминиевую, а также минеральную - кварцевую, асбестовую, фарфоровую, цементную, наждачную.

Пыль в зависимости от происхождения и способа образования различают по величине частиц (дисперсности), плотности, форме частиц, воспламеняемости, способности адсорбировать различные вещества и многим другим физико-химическим свойствам. Важнейшая физико-техническая характеристика пыли - дисперсность. Промышленная пыль в большинстве случаев полидисперсная, т. е. состоит из частиц неправильной формы и с различными размерами поперечных сечений. Размеры колеблются от доли микрона до сотен микрон.

По размерам пыль условно подразделяют на крупную (50 ... 250 мкм), среднюю (10 ... 50 мкм) и мелкую (меньше 10 мкм). Дисперсность пыли обратно пропорциональна размерам ее частиц. Степень дисперсности пыли тем меньше, чем больше суммарная поверхность частиц дробленого вещества.

Другой характеристикой дисперсности пыли может служить скорость оседания частиц, зависящая от величины частиц, формы поперечного сечения и плотности. Крупные частицы оседают с относительно большой скоростью, мелкие частицы под влиянием воздушных потоков и броуновского движения длительное время находятся во взвешенном состоянии.

Пыль вредна для человека. Степень ее влияния зависит от размеров и химического состава частиц. Крупная пыль менее опасна, так как задерживается при дыхании слизистой оболочкой носа. Самая опасная для здоровья человека - мелкая пыль. Она состоит из частиц размером менее 5 мкм. Опасность пыли по химическому составу оценивают содержанием кремнезема (двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$ ).

Различают пыль ядовитую (свинцовую, ртутную, мышьяковую, известковую) и неядовитую (органическую, металлическую и минеральную).

В зерновой мучной пыли находится большое количество различных микроорганизмов, попадают споры различных грибков (например, головни).

Вред организму человека может быть причинен в результате механического, химического или биологического воздействия пыли.

Продолжительное пребывание в зоне действия даже неядовитой пыли при соответствующей ее концентрации в воздухе может стать причиной заболевания органов дыхания, зрения, печени, нервной и сердечно-сосудистой системы. При содержании в частицах пыли более 10 % двуоксида кремния возможны хронические легочные заболевания. Пыль также вредно действует на кожные покровы, уши, зубы, является иногда причиной инфекционных заболеваний.

Состав пыли зависит от ее происхождения. Пыль хлебоприемных предприятий и мукомольных заводов смешанная: состоит из частиц органического и минерального происхождения. Органическая часть пыли - это главным образом частицы растительного происхождения (частицы колоса, соломы, оболочек, бородки и зародыша зерна, цветковые оболочки, крахмальные зерна злаков и сорняков). Минеральную часть пыли составляют частицы неорганического происхождения (частицы почвы, атмосферная пыль). На мукомольных заводах бывает также металлическая пыль, образующаяся при износе вальцов вальцовых станков и других рабочих поверхностей машин. В элеваторной пыли содержится до 50 % минеральных частиц. В пыли зерноочистительных отделений мукомольных и крупяных заводов 80 ... 95 % органических частиц. В размольных и выбойных отделениях мукомольных заводов пыль органическая (мучная).

На хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах может быть негодная (черная), кормовая (серая) и мучная (белая) пыль.

#### **Тема 1.4: Оборудование вентиляционных установок. Пылеотделители.**

1. Способы очистки воздуха от пыли.
2. Циклоны.
3. Инерционные пылеотделители и отделители.

##### **1. Способы очистки воздуха от пыли.**

Воздух, удаляемый в атмосферу вентиляционными установками, необходимо очищать для предохранения атмосферного воздуха от загрязнения и для задержания и сбора ценной мучной и зерновой пыли, лузги и различных отходов. Очистка воздуха улучшает санитарные условия на предприятиях и прилегающих к нему районов, а также уменьшает потери ценных продуктов.

В большинстве применяемых пылеотделителей одновременно используется несколько принципов очистки воздуха. в основу способов очистки положен вид фильтрующего материала, рабочий агент основной принцип действия. Существуют следующие способы очистки воздуха от пыли:

- осаждение пыли под действием силы тяжести в пылесадочных камерах (гравитационные пылеотделители);
- Отделение пыли под действием сил инерции в центробежных пылеотделителях (циклонах) или жалюзийно-инерционных пылеотделителях и инжекторных пылеконцентраторах;
- отделение пыли фильтрацией запыленного воздуха в фильтрах различной конструкции (матерчатые рукавные фильтры, гравийные или щебеночные фильтры);
- отделение пыли под влиянием сил сцепления и прилипания, действующих между частицами пыли и поверхностями пылеотделителя (сухие и жидкостные контактно-поверхностные пылеотделители);
- отделение высокодисперсной пыли электрическим способом (зарядка частиц пыли в электрическом поле коронного разряда или использование статистических зарядов, приобретенных пылью при трении в момент ее движения).

Способ отделения пыли и тип пылеотделителя выбирают в зависимости от состава пыли и ее концентрации в воздухе, физико-технических свойств пыли, необходимой степени очистки, сложности конструкции пылеотделителя и ее энергоемкости и ценности пыли. На хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах распространены

механические сухие способы очистки. Применяют одноступенчатую и двухступенчатую очистку воздуха от пыли.

При одноступенчатой очистке воздуха упрощается компоновка сети, сокращается потребность производственной площади. Для повышения эффективности очистки воздуха применяют двухступенчатую последовательную очистку в пылеотделителях различной конструкции.

## 2. Циклоны.

Отделение пыли в циклонах происходит под действием центробежной силы  $C$ , а эффективность пылеотделения пропорциональна величине центробежной силы, действующей на частицу пыли в потоке запыленного воздуха, т.е.

$$mw^2 r C = mw^2 r = mv^2 | r$$

где,  $m$  – масса частицы, кг;  $w$  – угловая скорость, рад/с;  $r$  – радиус вращения частицы, м;  $v$  – окружная скорость, м/с.

Из формулы следует, что при данной массе частицы эффективность очистки зависит от скорости движения воздуха и радиуса циклона.

Повышение оптимального значения скорости более 20 м/с для данного типа циклона уменьшает эффективность его работы, так как при этом усиливается отрицательное действие вихревых течений и вынос под их влиянием частиц пыли через выхлопную трубу в атмосферу.

*Циклоны* - наиболее распространенные пылеотделители для сухой очистки больших объемов воздуха от пыли. Они просты по конструкции, надежны и экономичны в эксплуатации, не требуют привода, могут быть изготовлены в местных мастерских и установлены как в помещении так и в вне его.

Коэффициент очистки обычных циклонов находится в пределах 90-98 %, а улучшенных конструкциях в пределах 99 %. Эффективность работы циклонов многих типов, работающих на тонкодисперсной пыли не удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям.

*Принцип работы циклона.* Вводимый запыленный воздух после входного патрубка 1 приобретает вращательное (винтовое) движение относительно вертикальной оси циклона между концентрично расположенными выхлопной трубой 2 и наружным цилиндром 3. Частицы пыли под действием центробежной силы (инерции) отбрасываются по радиусу к внутренней стенке цилиндра 3 и конуса 4. Скользя по стенке, они под одновременным действием силы тяжести перемещаются к выходному патрубку 5. Внутренний (восходящий) поток воздуха, подхватывая некоторые частицы пыли, выводится из циклона через выхлопную трубу 2.

Присос воздуха через выхлопную трубу вызывается в основном вращением потока воздуха и наличием в центральной части у оси конуса циклона области разрежения. Для снижения присоса воздуха коническую часть циклона соединяют с устройством для герметизации выпуска.

Применяемые на предприятиях циклоны отличаются следующим:

- способом ввода воздуха (винтовой или плоский тангенциальный, плоский спиральный, спирально-винтовой);
- направлением вращения воздушного потока (правые-вращение потока воздуха по часовой стрелке, левые – вращение потока воздуха против часовой стрелки), если смотреть на циклон сверху.;
- формой (цилиндрические  $h_n > h_k$ , когда  $h_n < h_k$  - конусные)
- высотой (большевысотные  $h_0 / D > 2$ , когда  $h_0 / D \leq 2$  - маловысотные);
- числом циклонов в принятой установке (одиночные и групповые в виде совокупности сопряженных циклонов).

На хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах распространены циклоны ЦОЛ.

При входной скорости воздуха в циклон 14-16 м/с коэффициент местного сопротивления =4.

Для регулирования величины и характера давления воздуха в пылевом отверстии конической части циклона, работающего на нагнетательной стороне, монтируют противоподсосное конусное устройство.

При потере давления в выхлопной трубе более 100 Па следует предусматривать установку шлюзового затвора под конусом циклона. При работе циклона на всасывающей стороне под конусом монтируют шлюзовый затвор, а противоподсосный конус снимают. Если циклон установлен вне здания, выхлопную трубу оборудуют защитным колпаком.

*Батарейные групповые установки.* На хлебоприемных предприятиях и заводах распространены батарейные установки из циклонов с малыми размерами диаметра цилиндра, обеспечивающие более эффективную очистку воздуха от пыли. Пропускная способность батареи циклонов зависит от числа элементов данной установки.

Применяют батарейные установки циклонов ОТИ, БЦ, и УЦ одно- и двухрядные.

### **3. Инерционные пылеотделители и отделители.**

*Инерционный жалюзийный пылеотделитель.*

Для очистки воздуха от пыли и улавливания крупных частиц (битых и щуплых зерен и оболочек) из запыленного воздуха применяют различные инерционные пылеотделители: инерционный жалюзийный, эжекторный и другие.

Инерционный жалюзийный пылеотделитель состоит из конических колец с постепенно уменьшающимся диаметром. Угол конусности колец 60 градусов. Кольца установлены на равном расстоянии друг от друга с шагом 12-16 мм. Воздух вводится через отверстие в основание конуса, а выходит в зазоры между кольцами. Пыль от воздуха отделяется под действием силы инерции, возникающей при резком изменении направления движения запыленного воздуха. Частицы пыли ударяются о наклонные поверхности конических колец и отражаясь движутся к оси пылеотделителя, где их подхватывает воздушный поток, перемещает к отверстию в вершине пылеотделителя и далее в циклон. Этот пылеотделитель эффективен, компактный, малогабаритный. Эффективность работы инерционного пылеотделителя составляет 97,8 %, эжекторного – 98,7%.

*Эжекторный пылеотделитель.* Принцип работы тот же. В эжекторном пылеотделителе под действием сил инерции происходит двухступенчатое отражение пылевых частиц, а в инерционном – одноступенчатое.

*Отделители.* Для более эффективной работы пылеотделителя и улавливания наиболее крупных отходов (битых и щуплых зерен, оболочек), применяют отделители, которые устанавливаются на повороте воздухопровода. Примеси под действием сил инерции продолжают прямолинейное движение и попадают в бункер отделителя. Существуют и другие марки пылеуловителей пылеуловитель А1-БПШ и пылеуловитель А1-БПУ.

### **Контрольные вопросы:**

1 Для чего необходимо очищать Воздух, удаляемый в атмосферу вентиляционными установками?

2 Для чего применяют пылеотделители?

3 Что такое циклоны?

## **Тема1.5: Вентиляторы.**

1. Вентиляторы.

2. Радиальные центробежные вентиляторы.

### **1. Вентиляторы.**

*Вентиляторами* называют воздуходвижущие машины для перемещения воздуха или других газов. В вентиляторе основной рабочий элемент - свободно вращающееся колесо с

лопатками. По принципу действия и конструктивным особенностям различают вентиляторы радиальные (центробежные) и осевые. К вентиляторам условно относят воздуходувные машины, которые создают давление до 12000 Па (12 кПа). Для создания большего давления (разрежения) применяют другие воздуходувные машины (компрессоры, турбонасосы, вакуум-насосы).

Вентиляторы вентиляционных установок подразделяют по развиваемому давлению на три группы:

- низкого давления - до 1000 Па,
- среднего - до 3000 Па;
- высокого давления - до 12000 Па.

Эта классификация условна, так как развиваемое вентилятором давление зависит от окружной скорости рабочего колеса. Тип вентилятора определяется величиной его быстроходности, характеризующей аэродинамические особенности всей серии вентиляторов данного типа. Критерий быстроходности выражается удельной быстроходностью (удельной частотой вращения рабочего колеса)  $n_y$ , которая зависит от производительности  $Q$  (м<sup>3</sup>/ч), стандартного воздуха (плотность  $\rho=1,2$  кг/м<sup>3</sup>); давления  $H$  (Па), и частотой вращения рабочего колеса вентилятора  $n$  в минуту при максимальном КПД вентилятора.

Вентиляторы с большим расходом воздуха и малым давлением имеют большую быстроходность, и наоборот. По быстроходности радиальные вентиляторы делят на следующие типы:

- малой быстроходности (высокого давления) -  $n_y < 42$ ,
- средней быстроходности (среднего давления) -  $n_y = 0,42 \dots 0,83$ ,
- большой быстроходности (низкого давления) -  $n_y > 0,83$ .

На хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах применяют радиальные вентиляторы: большой и средней быстроходности - для вентиляционных установок; средней быстроходности (среднего давления) - для установок пневматического транспортирования отходов и пыли, малой быстроходности (высокого давления) - для установок пневматического транспортирования зерна и продуктов размола. Осевые вентиляторы также различаются по быстроходности. Вентиляторы малой, средней и большой быстроходности имеют соответственно  $n_y > 100$ ,  $n_y = 100 \dots 200$ ,  $n_y > 200$ . При малых давлениях и относительно большой подаче воздуха применяют осевые вентиляторы, более простые по конструкции и более экономичные.

## 2. Радиальные центробежные вентиляторы.

Вентилятор состоит из рабочего колеса 6 с лопатками 5, помещенного в улиткообразный корпус 3. Вал 9 с приводным шкивом 8 установлен в подшипниках 7. Воздух поступает во всасывающее отверстие 4 вентилятора параллельно оси вала и попадает в пространство между лопатками вращающегося рабочего колеса. Под влиянием центробежной силы воздух выбрасывается к выхлопному отверстию, а затем в воздуховод после вентилятора. Рабочее колесо приводится во вращение от электродвигателя посредством шкива 8 и клиноременной передачи.

Вентиляторы выпускают в различных конструктивных исполнениях по виду привода. В вентиляторах первого исполнения рабочее колесо закреплено непосредственно на валу электродвигателя. Во втором, третьем и пятом исполнениях вал рабочего колеса и вал электродвигателя соединены муфтой. В четвертом, шестом и седьмом исполнениях предусмотрен выносной шкив с приводом от электродвигателя клиновидными ремнями.

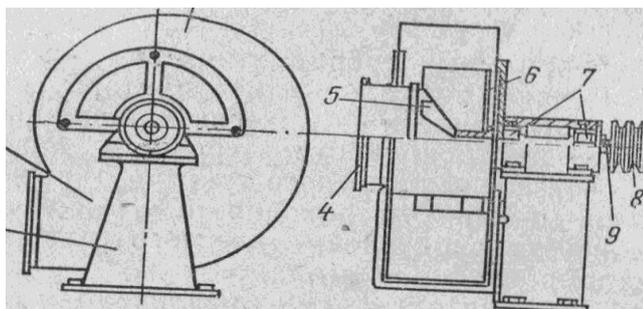


Рис 1- Центробежный, радиальный вентилятор:

1- станина; 2 - выхлопное отверстие; 3 - улиткообразный корпус; 4 - всасывающее отверстие; 5 - лопатка; 6 - рабочее колесо; 7 - подшипники; 8-приводной шкив; 9-вал.

### **Тема 1.6: Проектирование и расчет вентиляционных установок.**

1. Общие положения о проектировании вентиляционных установок и компоновке вентиляционных сетей.

#### **1. Общие положения о проектировании вентиляционных установок и компоновке вентиляционных сетей.**

Вентиляционные установки проектируют по данным размещения технологического и транспортного оборудования, бункеров и силосов в производственных и силосных корпусах, складах, в приемных и отпусковых устройства с учетом схемы технологического процесса. При проектировании должны учитываться: нормы технологического проектирования предприятий и правила организации и ведения технологического процесса; правила техники безопасности и производственной санитарии; противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений и др.

В рабочий проект вентиляционных установок включают:

- монтажные чертежи цехов с аспирируемым оборудованием, установленными вентиляторами и др. оборудованием;
- чертежи монтажных схем вентиляционных систем в плоскостном изображении;
- спецификацию.

Рабочий проект должен иметь пояснительную записку с расчетом сетей всех вентиляционных установок, краткие указания по монтажу.

Проектирование ведут в определенной последовательности.

По технологической схеме и чертежам цехов определяют все оборудование (по этажам), подлежащее аспирированию, с указанием расхода воздуха и сопротивления каждого вида оборудования. Все эти данные заносят в специальную форму-таблицу. Выявленное аспирируемое оборудование по цехам (этажам) разбивают на отдельные вентиляционные сети, т. е. компонуют вентиляционную сеть в соответствии с установившимися принципами компоновки вентиляционных сетей. В пояснительной записке к проекту указывают, сколько будет в цехе всего сетей и какого типа.

***При компоновке вентиляционных сетей необходимо учитывать следующее:***

- включить в отдельные вентиляционные сети оборудование соответствующих этапов технологического процесса (технологической линии), т. е. технологический принцип. При этом будет обеспечена однородность пыли отсасываемой от оборудования;
- учитывать одновременность работы оборудования, т. е. принцип одновременности работы;
- в одну сеть объединять близко расположенное оборудование, т. е. пространственный принцип. При этом обеспечивается малая протяженность сети и минимальная длина горизонтальных воздухопроводов;

- не объединять в одну сеть оборудование, имеющее разную температуру воздуха, т. е. температурный принцип. При смешивании теплого и холодного воздуха возможна конденсация водяных паров в воздуховодах и вентиляционном оборудовании;

- проектировать в самостоятельные местные установки машины с регулируемым режимом воздушного потока, а также с собственным вентилятором, т. е. соблюдать принцип эксплуатационной надежности;

- при компоновке некоторых вентиляционных сетей следует обеспечивать симметричность взаиморасположения воздуховодов от подключенного к сети оборудования. Такое расположение облегчает расчет и монтаж воздуховодов, а также регулировку сети;

- размещать вентиляторы в центре сети, так как это улучшает условия их работы и уменьшает расход энергии на их привод.

Выполнение условий минимальной протяженности и симметричности сети, а также расположения вентилятора в центре магистрали делает воздуховоды менее громоздкими, более дешевыми, уменьшает потери давления в них и, следовательно, снижает их первоначальную стоимость и облегчает эксплуатацию.

*Завершив компоновку вентиляционных сетей,* приступают к подбору пылеотделителей и вентиляторов для каждой вентиляционной сети и проектируют их расстановку по чертежам общего вида цеха.

Аспирационное оборудование следует размещать с учетом использования свободных производственных площадей и объемов здания. Вентилятор и пылеотделитель данной сети необходимо устанавливать как можно ближе друг к другу. Для удобства обслуживания фильтров при их размещении предусматривают соответствующие проходы: генеральный со стороны люков - 1 ... 1,2 м, проходы с двух сторон по 0,7 ... 0,8 м, а со стороны входа воздуха, где не требуется обслуживания, не менее 0,5 м. Необходимо также устанавливать шкаф фильтра с люками против окон здания.

Допускается установка циклонов вне здания. Циклоны можно устанавливать на специальные площадки у стен здания, в углах. При определении места для установки вентилятора учитывают направление вращения вентилятора, а также положение корпуса вентилятора. После выбора места установки пылеотделителей вентиляторов вычерчивают их на планах и разрезах здания.

Далее приступают к проектированию трассы воздуховодов, учитывая следующие рекомендации:

- воздуховоды проводить, если позволяют условия, вертикально или под углом не менее 60° к горизонту, параллельно стенам, по кратчайшему пути с наименьшим количеством отводов;

- создавать по возможности симметричные участки воздуховодов при подключении сети одноименного оборудования;

- горизонтальные воздуховоды располагать выше уровня окон, а вертикальные - в пространстве между окнами или в середине здания рядом с колоннами. Необходимо обеспечивать их безопасное и систематическое обслуживание.

Трассы воздуховодов в рабочих проектах наносят в планах и разрезах в одну линию. По нанесенным трассам воздуховодов составляют действительные плоскостные схемы аспирационных установок, по которым рассчитывают и составляют спецификацию деталей воздуховодов.

## **Тема 2.1: Общие понятия о пневматическом транспорте**

Способ перемещения сыпучих и кусковых материалов (зерна, песка, цемента, муки, опилок и т. д.) воздушным потоком называют пневматическим. Пневмотранспортом передают материалы по различным направлениям в неподвижных герметических трубопроводах.

Основой работы пневмотранспортной установки следует считать движение воздуха, обусловленное разностью давлений в начале и конце установки.

Производительность пневмотранспортных установок может достигать сотни тонн, расстояние транспортирования — нескольких километров, а высота подъема — более 100 м.

Пневмотранспорт по сравнению с механическим является более совершенным способом перемещения зерна и продуктов его переработки. Внедрение пневмотранспорта — один из факторов повышения эффективности производства.

При помощи пневмотранспорта на хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах выгружают зерно из судов, железнодорожных вагонов и складов, перемещают побочные продукты и отходы от места получения до места их обработки и хранения (цех отходов), используют его как внутрицеховой и межцеховой транспорт.

Выгрузка зерна из судов — тяжелая и трудоемкая операция. В прошлом эту работу выполняли при помощи транспортеров, норий и кранов, причем недостатки механического транспорта были особенно заметны при выгрузке зерна из судов.

Пневмотранспортные установки позволяют следующее:

механизировать выгрузку зерна и высвободить большое число грузчиков;

улучшить санитарно-гигиенические условия труда на погрузочно-разгрузочных работах;

увеличить производительность труда, ускорить разгрузку судов и удешевить стоимость выгрузки зерна; выгружать зерно при любой погоде; забирать зерно по всей площади трюма без подгребания его к приемнику;

улучшить качество зерна, так как в процессе пневматического транспортирования зерно подсушивается и частично обеспыливается;

организовать централизованное управление механизмами с автоматической блокировкой всех электродвигателей пневмоустановки;

повысить безопасность условий труда, так как на линиях пневмотранспорта нет движущихся частей.

Основной недостаток пневмотранспортных установок для выгрузки зерна — повышенное потребление электроэнергии по сравнению с механическим транспортом. В связи с этим пневмотранспортные установки применяют только для выгрузки зерна из судов. В элеватор, склады или на мукомольный завод зерно перемещают уже механическим транспортом.

Замена механического транспорта на действующих мукомольных заводах более прогрессивным пневмотранспортом, строительство новых заводов отрасли на пневмотранспорте повышает культуру труда, улучшает санитарное состояние производства и освещаемость рабочих мест, создает условия для модернизации технологического процесса, повышает производительность труда, позволяет лучше использовать производственные площади и устранить диспропорцию в производительности между зерноочистительным и размольным отделениями.

Пневмотранспорт размольного отделения улучшает работу вальцовых станков (охлаждает вальцы и продукты размола зерна, обеспыливает станки, исключает условия, вызывающие конденсацию влаги и образования клейстера в вальцовых станках) и другого оборудования.

Внутрицеховой пневматический транспорт зерноочистительного отделения мукомольного завода позволяет использовать воздух не только для транспортирования, но и для очистки зерна от легких примесей в пневмосепараторах с одновременным аспираторованием технологического оборудования, обеспечивает дополнительное шелушение зерна и снижение его зольности.

Исключение громоздкого специального аспирационного и транспортного оборудования в зерноочистительном и размольном отделениях освобождает производственные площади. Особенно это заметно при переводе действующих

предприятий на пневмотранспорт, так как установка дополнительного оборудования на освобожденных площадях дает возможность повысить производительность предприятия.

Перспективно применение пневмотранспорта на крупяных и комбикормовых заводах. Например, в технологическом процессе подготовки и переработки проса в пшено пневмотранспортные установки одновременно с транспортированием зерна аспирируют оборудование и выполняют важную технологическую операцию по сепарированию зерна. На отдельных этапах комбикормового производства также внедряют пневмотранспорт.

Применение пневмотранспортных установок на хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах повышает расход энергии по сравнению с механическим транспортом. Они потребляют 30...40 % электроэнергии, расходуемой на производство муки.

Повышенная энергоемкость пневмоустановок, как правило, обусловлена перерасходом воздуха в пневмоустановках и другими причинами. Однако исследования и опыт промышленной эксплуатации пневмотранспортных установок показывает, что их энергоемкость можно уменьшить, если снизить скорость воздушного потока в продуктопроводах до минимально возможных, обеспечивающих устойчивое транспортирование зерна и продуктов размола, рациональнее компоновать пневмосети, уменьшить присосы в сетях, применить одноступенчатую очистку воздуха в высоковакуумных фильтрах и воздуходувные машины с повышенным КПД и др.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Каким является пневмотранспорт по сравнению с механическим?
2. Что является основным недостатком пневмотранспортных установок для выгрузки зерна?
3. Чем обусловлена повышенная энергоемкость пневмоустановок?
4. Что позволяет внутрицеховой пневматический транспорт зерноочистительного отделения мукомольного завода?

### **Тема 2.2: Оборудование пневмотранспортных установок**

1. Загрузочные устройства пневмотранспортных установок.
2. Материалопроводы.
3. Отводы.
4. Соединительные элементы материалопроводов.
5. Переключатели.
6. Отделители.
7. Пылеотделители.
8. Воздуходувные машины.

#### **1. Загрузочные устройства пневмотранспортных установок.**

Загрузочные устройства пневмотранспортных установок всасывающего типа подразделяют на приемники вертикального и горизонтального типа.

*Вертикальные приемники* бывают открытого типа, в которые воздух поступает из окружающей среды, и закрытого типа, в которые воздух поступает из технологических машин. Наиболее распространенными приемниками открытого типа являются приемники конструкций ОТИ и закрытого типа - вертикальный типа "отвод" и типа "сопло".

Для подачи материала в *горизонтальные материалопроводы* всасывающих пневмотранспортных установок применяют приемники типа "тройник", а для установок мукомольных заводов на комплектном высокопроизводительном оборудовании - пневмоприемники -отводы типа У2-БПО.

В установках нагнетающего типа загрузочными устройствами служат шлюзовые и шахтные затворы, приемники типа «тройник». Наибольшее распространение получили

шлюзовые затворы ШУ-6 и ШУ-15. Шахтные затворы применяют для подачи в материалопровод грузы из бункеров. Конструкции их просты, без привода.

Основным недостатком является большая высота слоя груза, необходимая для герметизации.

Для подачи груза в материалопроводы нагнетающих пневмотранспортных установок мукомольных заводов на комплектном высокопроизводительном оборудовании применяют приемники тройники типов У2-БПА, У2-БПБ, У2-БПП.

В настоящее время для подачи груза в высоконапорные (аэрозольные) установки используют три типа питателей: шлюзовые (роторные), винтовые и камерные.

## **2.Материалопроводы.**

Материалопроводы служат для транспортирования смеси сыпучего груза и воздуха от места загрузки до места выгрузки. Материалопровод изготавливают из стальных бесшовных труб горячедеформированных. Толщину стенок материалопроводов выбирают в пределах 2,0...4,0 мм. Большие значения применяют для материалопроводов больших размеров и установок высокого давления.

**3. Отводы.** Служат для изменения направления движения аэросмеси. Отводы типа ХТП изготавливают из труб прямолинейных участков материалопроводов. Радиусы закругления отводов должны быть не менее пяти диаметров труб.

**4. Соединительные элементы материалопроводов.** Прямолинейные участки, отводы и т.п. соединяют между собой одним из следующих способов: сваркой (в местах, где это удобно и не затрудняет частичный демонтаж материалопровода); при помощи фланцев; при помощи муфт, если концы труб снабжены резьбой.

**5. Переключатели.** Предназначены для изменения направления перемещения сыпучих грузов в материалопроводах. В зависимости от того, на какое число направлений они могут изменить движение сыпучих грузов, их подразделяют на двух-, трех-, четырех-, шестипозиционные, а по роду привода - на переключатели с ручным, электрическим и пневматическим приводом.

**6. Отделители (разгрузители).** Служат для отделения сыпучего груза от транспортирующего воздуха.

По принципу действия они подразделяются на объемные, инерционные и центробежные. Тип выбираемого отделителя определяется крупностью частиц транспортируемого сыпучего груза и расходом воздуха в установке

*Объемный отделитель* со встроенным в него пылеотделителем используют:

А) пневмотранспортных установках при выгрузке зерна из вагонов и барж в силосы элеваторов. Они обладают высоким коэффициентом отделения, причем исключают дробление зерна;

Б) в зерноочистительных отделениях мукомольных заводов на комплектном высокопроизводительном оборудовании.

Аэросмесь поступает через входной патрубок и попадает по инерции на сменную плоскость направляющего лотка, по которому зерно ссыпается в коническую часть разгрузителя к выпускному отверстию по каналу, образованному стенкой разгрузителя и перегородкой. Воздух обтекая лоток направляется в выходной патрубок. При заполнении конической части разгрузителя зерном питатель пневмотранспортной установки отключается при помощи датчика уровня.

*Центробежные отделители* ЦР, ЦРК, УЦ-38 широко используют на предприятиях, их выбирают в зависимости от степени очистки, габаритных размеров и гидравлического сопротивления.

В размольном отделении мукомольных заводов и зерноочистительном для транспортирования отходов в качестве разгрузителей применяют циклоны-разгрузители У2-БЦР.

Для выпуска муки и продуктов размола из циклонов-разгрузителей применяют шлюзовые затворы типа РЗ-БШМ.

**7. Пылеотделители.** Предназначены для очистки воздуха от пыли перед поступлением его в воздухоудувные машины или перед выбросом в атмосферу.

**8. Воздуходувные машины.** Все воздухоудувные машины делятся на центробежные и поршневые.

Простые пневмотранспортные установки низкого и среднего давления обслуживают центробежные вентиляторы;

- разветвленные-центробежные вентиляторы, турбовоздуходувные машины и нагнетатели;

-всасывающие установки высокого вакуума-турбокомпрессоры, турбовоздуходувные машины и нагнетатели.

Пневмотранспортные установки высокого давления – ротационные воздухоудувки, поршневые воздухоудувные машины.

Турбовоздуходувные машины и нагнетатели широко используют для обслуживания разветвленных пневмотранспортных установок среднего и высокого давления.

*Поршневые компрессорные* установки устанавливают в специальных помещениях компрессорных станций, в которых сосредотачивают все приборы управления, автоматики и необходимое вспомогательное оборудование.

### **Контрольные вопросы:**

1. Каково назначение пылеотделителей?
2. Какими бывают пылеотделители по принципу действия
3. Перечислите оборудование пневмотранспортных установок.
4. Для каких целей предназначены пылеотделители?
5. Какими способами соединяют прямые участки и отводы?

### **Тема 2.3: Типы пылеотделителей.**

1. Пылеотделители пневмотранспортных установок зерноперерабатывающих предприятий.

**1. Пылеотделители** предназначены для очистки воздуха от пыли перед поступлением его в воздухоудувные машины или перед выбросом в атмосферу.

Выбор того или иного пылеотделителя определяется прежде всего необходимостью удовлетворения требований санитарно-технических норм к содержанию пыли в выбрасываемом воздухе.

Пылеотделители пневмотранспортных установок всасывающего типа зерноперерабатывающих предприятий подбирают в зависимости от вида пыли и способа использования очищенного воздуха.

Если пневмотранспортную установку используют для транспортирования зерна (воздух содержит крупную зерновую пыль), то для очистки воздуха перед выбросом в атмосферу используют центробежный пылеотделитель типа ЦОЛ.

При содержании в воздушном потоке средней по крупности зерновой пыли воздух перед выбросом в атмосферу лучше очищать в центробежном пылеотделителе 4 БЦШ.

Если воздушный поток содержит мелкую зерновую или мучнистую пыль, то для его очистки используют центробежные пылеотделители типа УЦ.

Если одноступенчатая очистка воздуха не дает желаемых результатов (содержание пыли в выбрасываемом воздухе выше допустимой величины), применяют двухступенчатую очистку: на первой ступени используют центробежные пылеотделители, а на второй – матерчатые фильтры.

В зерноочистительных отделениях при транспортировании зерна до моечных машин и отходов применяют двухступенчатую очистку; при транспортировании зерна после

моечных машин-одноступенчатую. В размольных и выбойных отделениях применяют одноступенчатую очистку в фильтрах. В отдельных случаях, по согласованию с органами санитарной инспекции, допускается применять одноступенчатую очистку в батарейных циклонах типа УЦ.

Вторичную очистку воздуха от пыли осуществляют в рукавных фильтрах, коэффициент пылеотделения которых составляет 99,9%. Во всасывающих пневмотранспортных установках используют фильтры типа Г4-БФМ. Воздух после установок высокого давления от муки и мучной пыли очищают в фильтрах ХЕ-161, которые устанавливают на бункерах.

Фильтры-циклоны типа РЦИ и РЦИР предназначены для очистки воздуха пневмотранспортных и аспирационных установок элеваторов, мукомольных, крупяных и комбикормовых предприятий.

Для облегчения монтажа и предотвращения попадания рукавов в конус фильтра при их случайном срыве у фильтров диаметром 1000мм и более установлена решетка.

Фильтр-разгрузитель РЦИР отличается от РЦИ конструкцией клапанной секции и камеры чистого воздуха. Фильтры РЦИР также комплектуются прибором управления с электроклапаном и фильтром для управляющего воздуха, U-манометром и пневмовибратором.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какую очистку воздуха принимают, если одноступенчатая очистка не дает желаемых результатов?
2. Какую очистку воздуха применяют в зерноочистительных отделениях при транспортировании зерна до моечных машин?
3. Каков коэффициент пылеотделения в рукавных фильтрах?
4. Какие пылеотделители применяют, если воздушный поток содержит мелкую зерновую или мучнистую пыль?
5. Чем фильтр-разгрузитель РЦИР отличается от РЦИ?

#### **Тема 2.4: Проектирование и расчет пневмотранспортных установок.**

1. Основы проектирования и компоновки сетей пневмотранспортных сетей.
2. Особенности расчета пневмотранспортных установок.

#### **1. Основы проектирования и компоновки сетей пневмотранспортных сетей.**

При проектировании пневмотранспортных установок на предприятиях отрасли хлебопродуктов, что в таких установках воздух используется и в технологических целях, например для очистки от примесей, , а также затраты на вентиляцию. Пневмотранспорт применяют в размольном отделении мукомольного завода, на всех этапах технологического процесса, а также в зерноочистительном отделении на подаче зерна после обоечных машин и для транспортировки отходов, а для остальных операций рекомендуется механический транспорт. Пневмотранспорт используется также на ячменезаводах, овсозаводах, просозаводах, заводах по переработке пшеницы в крупу, на отдельных этапах комбикормовых заводов.

Для проектирования пневмотранспортных установок, необходимо иметь: схемы технологического процесса подготовки зерна к помолу и переработки его в муку или крупу; сведения о свойствах транспортируемых продуктов; генеральный план предприятия, планы этажей, разрезы здания с расположением технологического оборудования; схему движения продуктов и количественный баланс помола. Число пневмотранспортеров устанавливают по каждому цеху.

Пневмотранспортные установки *рекомендуется проектировать в следующем порядке:*

1. Выбирают схемы пневмоустановок и определяют состав и вид основного оборудования (пневмоприемников, разгрузителей, пылеотделителей, воздуходувных машин).

2. Определяют на чертежах точки подачи и вывода продукта, уточняют конфигурацию и длину трассы продуктопроводов. Добиваются сокращения трассы и числа фасонных деталей.

3. Определяют расчетную нагрузку (производительность) на каждый продуктопровод разветвленной сети с учетом количественного баланса.

4. По данным расчетной производительности, длины и конфигурации продуктопроводов, вида транспортируемого продукта устанавливают рабочие скорости воздуха, концентрации смеси, а также определяют количество воздуха для транспортирования продукта и диаметр продуктопровода.

5. Компонуют продуктопроводы в отдельные сети и наносят на чертежи пневмооборудование данной установки, проводят осевые линии сборных и соединительных воздухопроводов вентиляционной части установки.

6. После компоновки пневмосетей вычерчивают плоскостные схемы сетей. Материалопроводы изображают толстыми линиями, а воздухопроводы – штрихпунктирными с указанием всех поворотов и других фасонных деталей.

7. Рассчитывают пневмосети и уточняют параметры выбранного оборудования.

8. По материалам расчета и чертежам изготавливают монтажные плоскостные схемы пневмосетей со спецификацией. По необходимости делают рабочие чертежи. Эти схемы и чертежи используют для изготовления, приобретения и монтажа пневмоустановок.

Рекомендуется расположение продуктопроводов размольного отделения группами, в две линии непосредственно у стен, Приемники рекомендуется размещать на одном этаже для облегчения их обслуживания. Разгрузители располагают продольными рядами над приемными устройствами рассевов. Всё пневмотранспортное оборудование должно быть заземлено.

## **2. Особенности расчета пневмотранспортных установок.**

Расчет пневмотранспортных установок, как и вентиляционных установок, основан на законах аэродинамики.

Потери давления в продуктопроводах при перемещении аэросмеси рассматривают как сумму потерь давления при перемещении чистого воздуха и продукта в воздушном потоке. Расчет пневмотранспортной установки включает расчет продуктопровода с отделителем и расчет аспирационной части сети.

Цель расчета пневмотранспортных установок-выбор основных размеров установки и определение режима ее работы. В результате расчета необходимо определить диаметр продуктопровода, расход воздуха, общие потери давления в сети, основное оборудование установки. Исходными данными для расчета пневмотранспортных установок являются:

- производительность для простой или нагрузка на продуктопроводы для разветвленной пневмотранспортной установки;
- длина вертикального и горизонтального продуктопроводов и наличие в них фасонных деталей;
- величина транспортирующей скорости воздушного потока в продуктопроводах;
- коэффициент массовой концентрации смеси.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что включает расчет пневмотранспортной установки?
2. Как рекомендуется располагать продуктопроводы размольного отделения?
3. Для каких целей необходимо иметь схемы технологического процесса подготовки зерна к помолу и переработки его в муку или крупу?
4. На каких предприятиях используется пневмотранспорт?
5. Какое оборудование должно быть заземлено?

## Тема 2.5: Пневматический транспорт высоких концентраций и аэрожелоба

Пневматические транспортные установки — это комплекс устройств, перемещающих сыпучие материалы (пылевидные, порошкообразные, зернистые, измельченные и т. д.), или специальные транспортные средства (контейнеры с материалами, готовой продукцией, капсулы и т. д.) с помощью сжатого или разреженного газа.

В большинстве пневмотранспортных установок в качестве транспортирующего газа используют воздух. Однако, когда не допустимо соприкосновение воздуха с транспортируемым материалом, применяют инертный газ (например, при транспортировании взрывоопасных и легкоокисляющихся материалов).

Установки для пневматического транспортирования материалов различают по давлению несущего потока, размеру частиц и концентрации перемещаемого материала в потоке, характеру движения потока, типам питательных устройств и др. Наиболее часто их классифицируют по концентрации перемещаемого материала и значению давления в пневмосистеме. Различают установки с низкой, средней и высокой концентрацией частиц транспортируемого материала. За верхнюю границу низкой концентрации принимают расходную массовую концентрацию до 4 кг/кг. Средняя концентрация соответствует значению  $p$ , от 4 до 20 кг/кг,  $x$  20 кг/кг характеризует поток с высокой концентрацией. Границей между пневматическим транспортированием с разбавленной и плотной фазами является расходная массовая концентрация 50—60 кг/кг. Массовая концентрация 500—600 кг/кг считается наиболее высокой.

В последнее время в различных отраслях промышленности стали применять новые, более экономичные установки пневмотранспорта, в которых материал перемещается сплошным потоком, т. е. в условиях плотной фазы (аэрожелоба, поршневой транспорт). Еще более экономичен интенсивно развивающийся контейнерный пневмотранспорт, в котором материал перемещается по трубопроводам в специальных емкостях—контейнерах.

Установка всасывающего действия состоит из заборного устройства (сопла) 1, системы трубопроводов 2, осадителя материала 3, пылеуловителей 5 и побудителя тяги (вентилятора, вакуум-насоса) 6, который просасывает через всю установку воздух. Этот воздух, поступая в сопло, захватывает материал, принуждая его двигаться по системе трубопроводов выделяется материал из потока в осадителе. Оставшиеся в воздухе мельчайшие пылинки улавливает пылеуловитель, а воздух затем через побудитель тяги выбрасывается в атмосферу.

В установках всасывающего действия используется низкий (до 90 кПа), средний (до 70 кПа) и высокий (до 40 кПа) вакуум.

В пневматических установках нагнетательного действия (рис. 1.1, б) трубопроводы и аппаратура находятся под избыточным давлением. Давление наиболее значительно в месте подключения трубопроводов к воздуходувной машине 8, где обычно материал загружается в пневмотранспортную установку специальным за-грузителем пневматическим винтовым насосом, камерным насосом и т. п. Сжатый воздух, подаваемый от компрессора, может переносить материал при высокой концентрации и на большие расстояния.

Рабочее давление сжатого воздуха на входе в установку составляет 30 кПа, а в отдельных случаях — 500—600 кПа.

Пневмотранспортные установки с плотным слоем, принцип работы которых основан на псевдооживлении материала потоком сжатого воздуха на перфорированных перегородках. Псевдооживленным (кипящим) слоем называют такое состояние зернистого материала, обычно расположенного на пористой перегородке, при котором сила воздействия проходящего через отверстия потока превысит массу слоя.

Высоконапорное импульсное пневмотранспортирование осуществляется в установках пульсирующего действия, в которых транспортируемый материал перемещается импульсами в виде пробок с промежутками, заполненными сжатым воздухом. В этом случае материал подается с высокой концентрацией и можно транспортировать материалы с плохой текучестью, склонные к налипанию к стенкам трубопровода, а также гранулированные и зернистые без разрушения частиц. Импульсное транспортирование со скоростями от 2 до 6 м/с отличается высокой экономичностью, так как при минимальном расходе воздуха достигается высокая производительность.

Транспортные аэрожелоба — один из видов горизонтального пневмотранспорта сухих мелких некомкующихся материалов. Они относятся к установкам нагнетательного действия с низким давлением, транспортирующим материал в условиях плотной фазы.

В последнее время из ряда промышленных предприятий успешно применяют контейнерный пневмотранспорт. Материал при таком пневмотранспортировании перемещается по трубопроводам в специальных емкостях под действием давления воздуха.

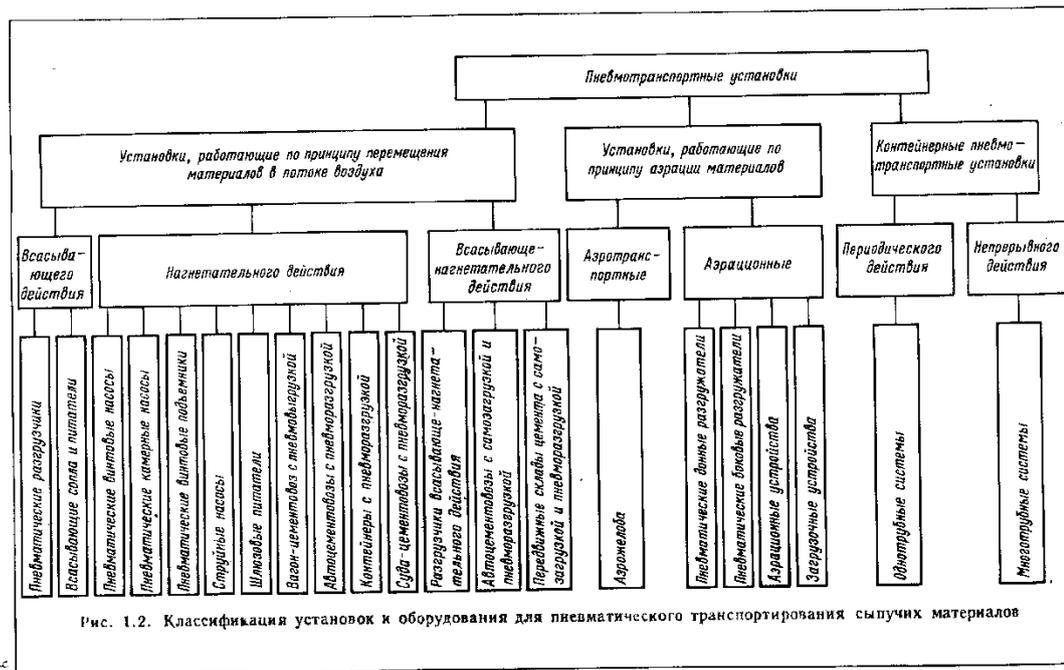
Широкое применение получили выпускаемые серийно пневморазгрузчики, предназначенные для разгрузки крытых железнодорожных вагонов, трюмов судов, различных емкостей.

Классификация пневморазгрузчиков сыпучих материалов осуществлена по конструктивным и технологическим признакам отечественных и зарубежных пневморазгрузчиков, влияющим на процесс забора материала и его транспортирование.

Для разгрузки сыпучих материалов используется различное пневмотранспортное оборудование, применение которого определяется видом транспортных средств для доставки дальностью забора и транспортирования необходимостью подачи в одно или несколько мест складирования требованиями к системам управления, возможностью дистанционного управления и контроля санитарно-гигиеническими условиями выполнения разгрузочных работ и требованиями защиты окружающей среды.

Материалы, поступающие насыпью в транспортных средствах, забираются главным образом соплами различных конструкций или дистанционно управляемыми заборными устройствами. Заборные устройства оснащают различными конструкциями питателей — дисковыми, шнековыми, лопастными, вибрационными. В качестве отделителей наибольшее распространение получили циклоны и осадительные камеры с рукавными фильтрами.

Наиболее крупные установки — стационарные и плавающие. Передвижные установки, смонтированные на машинах и самоходных шасси, имеют сравнительно короткие трубопроводы у всасывающих систем обычно не больше нескольких десятков метров, а у нагнетательных — до 100—150 м.



## Методические рекомендации по выполнению практических работ

### Практическая работа №1а

**Тема: «Алгоритм подбора циклона и определение сопротивления циклона. Подбор фильтров к аспирационным сетям, определение сопротивления и эффективности их работы».**

**Цель работы** - Изучить методику подбора фильтра циклонов и фильтров пневмотранспортных установок зерноперерабатывающей промышленности.

**Общие сведения:** Циклоны – наиболее распространенные пылеотделители для сухой очистки больших объемов воздуха от пыли. Они просты по конструкции, надежны и экономичны в эксплуатации, не требуют привода, могут быть изготовлены в местных мастерских и установлены как в помещении, так и вне его.

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я.Грубиян.

**Задание №1.** Подобрать центробежный отделитель ЦОЛ для вентиляционной сети с расходом воздуха 5600 м<sup>3</sup>/ч (учтем 5% подсоса в воздуховодах).

#### Порядок работы:

**Циклоны.** Вентиляционные установки выбрасывают в атмосферу загрязнённый воздух, который по требованиям БЖД (и СНИП) очищают от мучной и зерновой пыли и загрязнений.

При рециркуляции воздуха поддерживают требуемый по СН санитарно-гигиенический режим в производственных помещениях.

В большинстве пылеотделителей одновременно используют несколько принципов очистки воздуха. Основные способы очистки:

1. Осаждение под действием силы тяжести в пылесадительных камерах (гравитационные пылеотделители).

2. Осаждение под действием центробежной силы (циклоны).

3. Отделение пыли фильтрацией в матерчатых, рукавных, и других фильтрах.

4. Отделение высокодисперсной пыли электрическим способом.

Работа пылеотделителя характеризуется коэффициентом очистки воздуха  $\eta_0$  (%)

$$\eta_i = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100$$

$C_1; C_2$  - концентрации пыли в воздухе до и после очистки, г/м<sup>3</sup>.

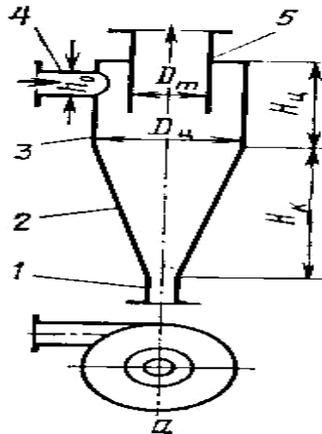
Общий коэффициент очистки воздуха при двукратной очистке  $\eta_0$

$$\eta_0 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \cdot \eta_2$$

Наиболее распространённым является отделение пыли в циклонах. Эффект пылеотделения пропорционален величине ЦБС ( $P_{ц}$ ).

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R = m \cdot w^2 / R$$

Таким образом, эффективность очистки зависит от окружной скорости движения воздуха ( $w$ ) и радиуса циклона ( $R = D_{ц}/2$ ). Превышение оптимального значения скорости для данного типа циклона уменьшает эффективность его работы, так как при этом усиливается отрицательное действие вихревых течений, и вынос под их влиянием частиц пыли через выхлопную трубу в атмосферу.



Циклоны являются наиболее распространёнными пылеотделителями для сухой очистки больших объёмов воздуха от пыли. Просты конструктивно, надёжны и экономичны в работе. Коэффициент очистки  $\eta_0 = 97 - 98\%$ ; для ряда конструкций  $\eta_0 = 99\%$ . Но при этом при работе на тонкодисперсной и лёгкой пыли эффективность работы циклонов многих типов не удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям (СН).

#### Контрольные вопросы:

1. Каковы основные способы очистки воздуха от пыли и их характеристика?
2. Как определяют эффективность работы пылеотделителей?

#### Практическая работа №16

**Тема: «Алгоритм подбора циклона и определение сопротивления циклона. Подбор фильтров к аспирационным сетям, определение сопротивления и эффективности их работы».**

**Цель работы** - Изучить методику подбора фильтра циклонов и фильтров пневмотранспортных установок зерноперерабатывающей промышленности.

**Общие сведения:** Циклоны – наиболее распространенные пылеотделители для сухой очистки больших объёмов воздуха от пыли. Они просты по конструкции, надёжны и экономичны в эксплуатации, не требуют привода, могут быть изготовлены в местных мастерских и установлены как в помещении, так и вне его.

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я.Грубиян.

**Задание №1.** Подобрать центробежный отделитель ЦОЛ для вентиляционной сети с расходом воздуха 5600 м<sup>3</sup>/ч (учтем 5% подсоса в воздуховодах).

#### Порядок работы:

**Подбор фильтра для вентиляционной сети.**

Фильтр подбирают по суммарному количеству воздуха, поступающему из вентиляционной сети, и рекомендуемой нагрузки на 1 м<sup>2</sup> фильтрующей ткани. Рекомендуется следующий порядок подбора:

- по расходу воздуха Q (с учетом расхода воздуха) и рекомендуемой нагрузке Q<sub>y</sub> определяют необходимую фильтрующую поверхность (м<sup>2</sup>) фильтра

$$F_{\text{ф}} = Q_{\text{с}} / Q_{\text{у}}$$

- по таблице 6 находят фильтр с фильтрующей поверхностью, близкой к расчетной;

- определяют фактическую нагрузку на 1 м<sup>2</sup> фильтрующей ткани м<sup>3</sup>/(ч×м<sup>2</sup>)

$$Q_{\text{у}}' = Q_{\text{с}} / F_{\text{ф.табл}}$$

- по значению фактической нагрузки на 1 м<sup>2</sup> фильтрующей ткани определяют сопротивление (потере давления) фильтра по графикам (см. рис).

Сопротивление коллекторов фильтра составляет: всасывающего - Н<sub>к.в</sub>=0,05 Н<sub>ф</sub> ; отводящего - Н<sub>к.л</sub>=0,3 Н<sub>ф</sub>.

**Пример:** Подобрать центробежный отделитель ЦОЛ для вентиляционной сети с расходом воздуха 5600 м<sup>3</sup>/ч (учтем 5% подсоса в воздуховодах).

Принимаем входную скорость воздушного потока в циклон в пределах допустимой v<sub>вх</sub>=16 м/с. По расходу воздуха и принятой входной скорости воздушного потока в циклон определяем площадь сечения входного патрубка:

$$F_{\text{вх}} = Q_{\text{с}} / v_{\text{вх}} = 5600 / 36000 \times 16 = 0,097 \text{ м}^2.$$

По расчетной площади сечения входного патрубка принимаем ЦОЛ с ближайшей меньшей F<sub>вх</sub>, т.е. ЦОЛ= 6 с F<sub>вх</sub>=0,092 м<sup>2</sup>.

По расходу воздуха и площади сечения входа определяем действительную входную скорость воздушного потока в циклон

$$v_{\text{вх}} = Q_{\text{с}} / F_{\text{вх}} = 5600 / 36000 \times 0,092 = 17 \text{ м/с}.$$

Входная скорость находится в доступных пределах. Сопротивление циклона определяется по формуле:

$$H_{\text{ц}} = \zeta \times (\rho \times v_{\text{вх}}^2 / 2) = 4 \times (1,2 \times 17^2 / 2) = 4 \times 176,9 = 708 \text{ Па}$$

### Контрольные вопросы:

1. Каковы основные способы очистки воздуха от пыли и их характеристика?
2. Как определяют эффективность работы пылеотделителей?
3. Какие параметры и данные учитывают при выборе пылеотделителя?
4. Каковы устройство и принцип работы циклона?

## Практическая работа №2а

**Тема:** «Подбор вентиляторов к аспирационным сетям. Решение задач на законы пропорциональности».

**Цель работы** - Изучить методику подбора вентиляторов.

**Общие сведения:** Вентиляторами называют воздуходувные машины для перемещения воздуха или других газов. В вентиляторе основной рабочий элемент - свободно вращающееся колесо с лопатками. По принципу действия и конструктивным особенностям различают вентиляторы радиальные (центробежные) и осевые. К вентиляторам условно относят воздуходувные машины, которые создают давление до 12000 Па (12 кПа). Для создания большего давления (разрежения) применяют другие воздуходувные машины (компрессоры, турбонасосы, вакуум-насосы).

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я. Грубиян.

**Задание №1.** Изучить вентиляторы общего и специального назначения

**Задание №2.** Изучить осевые вентиляторы

## Порядок работы:

### 1. Вентиляторы общего и специального назначения.

На предприятиях отрасли хлебопродуктов применяют вентиляторы низкого, среднего и высокого давления различных типов. По назначению их делят на вентиляторы *общего назначения* (работают на чистом воздухе) и *специального назначения* (работают на запыленном воздухе) - пылевые.

Вентиляторы *общего назначения* применяют во всасывающих вентиляционных установках (вентилятор расположен после пылеотделителя). К таким радиальным вентиляторам относят вентиляторы Ц4-70, Ц4-76, В-Ц4-46, Ц9-57 и др.

Вентиляторы *специального назначения* применяют в нагнетающих вентиляционных установках. К таким радиальным вентиляторам относятся вентиляторы ВЦП (Ц6-46), ЦП7-40, ВЦП6-45-8-01 и др.

Вентиляторы, приспособленные для перемещения запыленного воздуха, так называемые *пылевые*, должны перемещать воздух, загрязненный механическими примесями (пылью, отходами, опилками), и не засоряться. Исходя из этих условий, рабочее колесо пылевых вентиляторов имеет меньшее число лопаток, изогнутых вперед в направлении вращения рабочего колеса (6 ... 8 лопаток).

Вентилятор общего назначения Ц4-70 с рабочим колесом 3, закрепленным непосредственно на валу электродвигателя 5. Рабочее колесо клепаной конструкции вентилятора Ц4-70 низкого давления имеет 12 плоских лопаток, прикрепленных к переднему конусному диску тремя, а к заднему-четырьмя заклепками. Всасывающий патрубок корпуса выполнен в виде коллектора 2, кромки которого входят внутрь рабочего колеса 3. Частота вращения вала электродвигателя должна обеспечить окружную скорость рабочего колеса не более 45 м/с. Вентиляторы Ц4-70 низкого давления выпускаются № 2, 3, 4, 5, 6, 8 и 15, а вентиляторы Ц4-70 среднего давления – М 8, 10, 12 и 15. Радиальный вентилятор Ц4-70 среднего давления имеет плоские лопатки особой конфигурации, что обеспечивает им возможность работать при более высоких окружных скоростях, чем вентиляторы низкого давления.

Вентиляторы для мукомольных заводов с высокопроизводительным комплектным оборудованием. Для перемещения запыленного воздуха в аспирационных системах мукомольных заводов и элеваторов применяют вентиляторы радиальные среднего давления правого и левого вращения.

### 2. Осевые вентиляторы.

*Осевые* вентиляторы бывают одно- и двухступенчатые. В зависимости от профиля лопаток различают реверсивные и нереверсивные вентиляторы. Осевые вентиляторы, у которых колеса вращаются по часовой стрелке, если смотреть на набегающий поток, называют правыми; если против часовой стрелки - левыми.

Расположенное в цилиндрическом корпусе 3 лопастное колесо 2, вращаясь, засасывает через входное отверстие 1 воздух и лопатками перемещает его вдоль оси вала электродвигателя к выходному отверстию 5 диффузора 4. Конструкция рабочего колеса зависит в основном от способа крепления лопаток. Лопатки к втулкам приклепывают, приваривают или крепят при помощи стержней. Применяют также штампованные колеса из листового металла, пластмассы и литые. Осевые вентиляторы компактнее радиальных. Применяют осевые вентиляторы типа МЦ (ОМЦ), ВМ, СВМ, ВО-5, 06-300 и другие. Из указанных осевых вентиляторов только осевые вентиляторы типа МЦ (ОМЦ) применяют при общеобменной вентиляции помещений. Все остальные типы осевых вентиляторов применяют в промышленных вентиляционных установках. Их также широко применяют на хлебоприемных предприятиях и мукомольных заводах.

Осевые вентиляторы типа СВМ одноступенчатые во взрывоопасном исполнении. Рабочее колесо выполнено из алюминиевого сплава, а корпус - из сварных обечаек. К обечайкам приварены штампованные лопатки спрямляющего и направляющего аппаратов.

### Контрольные вопросы:

1. В чем назначение вентиляторов?
2. По каким признакам классифицируются радиальные вентиляторы?

### Практическая работа №26

**Тема: «Подбор вентиляторов к аспирационным сетям. Решение задач на законы пропорциональности».**

**Цель работы** - Изучить методику подбора вентиляторов.

**Общие сведения:** *Вентиляторами* называют воздуходувные машины для перемещения воздуха или других газов. В вентиляторе основной рабочий элемент - свободно вращающееся колесо с лопатками. По принципу действия и конструктивным особенностям различают вентиляторы радиальные (центробежные) и осевые. К вентиляторам условно относят воздуходувные машины, которые создают давление до 12000 Па (12 кПа). Для создания большего давления (разрежения) применяют другие воздуходувные машины (компрессоры, турбонасосы, вакуум-насосы).

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я. Грубиян.

**Задание №1.** Требуется подобрать вентилятор Ц4-70 для перемещения воздуха в количестве 6000 м<sup>3</sup>/ч с давлением 800 Па. Определить установленную мощность электродвигателя при непосредственной посадке колеса вентилятора на вал электродвигателя.

**Задание №2.** Вентилятор Ц4-70 №8 перемещает 18000 м<sup>3</sup>/ч воздуха при давлении 1177 Па. Потребная мощность вентилятора (без учета привода) 7,35 кВт при частоте вращения колеса 1100 об/мин. Определить частоту вращения колеса и мощность вентилятора, если бы он перемещал 15000 м<sup>3</sup>/ч воздуха.

#### Порядок работы:

**Пример 1.** Из характеристик вентилятора Ц4-70 данным требованиям удовлетворяет вентилятор №5, имеющий наибольший КПД, равный 0,8 и чистоту вращения 1450 об/мин. Мощность вентилятора с учетом привода

$$N = \frac{QH}{36 \times 10^5 \times \eta_v \times \eta_p} = \frac{6000 \times 800}{36 \times 10^5 \times 0,8 \times 1} = 1,67 \text{ кВт}$$

Коэффициент полезного действия  $\eta_p$  при непосредственной посадке колеса вентилятора на вал электродвигателя принимаем равным 1.

Установочную мощность электродвигателя определяем из выражения:

$$N_{уст} = NK_1 = 1,67 \times 1,2 = 2 \text{ кВт.}$$

**Пример 2.**

$$n_1 = \frac{Q_i n}{Q} = \frac{15000 \times 1100}{18000} = 917 \text{ об/мин}$$

$$N_1 = N \frac{n_1^3}{n^3} = 7,35 \left( \frac{917}{11000} \right) = 4,36 \text{ кВт.}$$

#### Контрольные вопросы:

1. Каковы законы пропорциональности и их значение при решении задач по вентиляционной технике?

### Практическая работа №3

**Тема: «Составление плоскостных схем аспирационных установок. Расчёт местной аспирационной сети методом потерь давления на единицу длины воздухопровода».**

**Цель работы** - Изучить методику подбора местной аспирационной сети методом потерь давления на единицу длины воздухопровода.

**Общие сведения:** С достаточной точностью для практических расчетов рекомендуется применять значения коэффициентов местного сопротивления.

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я. Грубиян.

**Задание №1.** Потери давления в участке воздухопровода, состоящего из прямой трубы и фасонных деталей.

### Порядок работы:

**Пример 1.** Участок воздухопровода характеризуется постоянным расходом воздуха и скоростью движения воздушного потока. К участкам воздухопровода относят и фасонные детали, в отдельных частях которых воздушный поток движется со скоростью, отличающейся от скорости потока в прямом воздуховоде а поперечные сечения этих частей отличаются от сечений прямого воздуховода.

Поэтому потери давления в участке воздуховода определяют, суммируя потери давления в прямом участке воздуховода и фасонных деталей. Потери давления на этом участке будут:

$$H_{\text{тр}} = H_1 + H_{\text{м.с.}}$$

где,  $H_1$  – потери давления на преодоление сопротивления трения в прямой трубе, Па;  $H_{\text{м.с.}}$  - потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Подставив значения  $H_1$  и  $H_{\text{м.с.}}$  получим потери давления в участке воздуховода:

$$H_{\text{тр}} = l \frac{\lambda}{D} \times \frac{\rho v^2}{2} + \sum \xi \frac{\rho v^2}{2}$$

Вынесем за скобки величину скоростного давления и после преобразования получим:

$$H_{\text{тр}} = \left( l \frac{\lambda}{D} + \sum \xi \right) \frac{\rho v^2}{2}$$

По формуле потери давления определяют по методу «полных и скоростных давлений». Определить потери давлений можно также по методу «потерь давлений на 1 м длины воздуховода» если в формулу подставить значение  $H_1$

$$H_{\text{тр}} = R l + \sum \xi \frac{\rho v^2}{2}$$

где,  $\sum \xi$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений  $\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n$ ,  $\xi_1 + \xi_2$  и  $\xi_n$  - коэффициенты местных сопротивлений фасонных деталей участка вентиляционной сети. Значения этих коэффициентов приведены в приложении 5.

Значение каждого коэффициента местного сопротивления можно принять усредненно равным 0,2, а  $\sum \xi = 0,2 m$ , где  $m$ - число местных сопротивлений на участке. Такое определение  $\sum \xi$  допускается в связи с тем, что расчет воздухопроводов ведут на унифицированные диаметры и предусматривают уравнение сопротивлений в тройниках установкой диафрагмы.

### Контрольные вопросы:

1. Какие известны принципы компоновки вентиляционных сетей?
2. Каковы исходные данные и порядок расчета вентиляционной сети?
3. Каковы методы расчета вентиляционной сети?

### Практическая работа 4а

**Тема: «Особенности расчёта разветвлённой аспирационной сети. Уравнивание потерь давления в точках слияния воздушных потоков различными способами с применением номограмм, таблиц оформление расчёта».**

**Цель:** Уметь самостоятельно производить расчеты вентиляционных установок. Уметь использовать приложения и таблицы, применять справочный материал. Развитие логического и технического видения, мышления. Привить навыки самостоятельного расчета вентиляционных установок. Воспитание профессионального подхода к учебному процессу

**Оборудование:** учебная литература «Вентиляционные установки» И.Я Вайсман. Приложения - таблицы в учебнике.

**Методика расчет разветвленной вентиляционной сети**

По характеристикам фасонных деталей находим коэффициенты местных сопротивлений (приложение 5)

Фасонная деталь	Угол сжатия, угол поворота	lк/D	Радиус закругления	Коэффициент местного сопротивления
Коллектор	$\alpha=30^\circ$	0,25		$\xi =0,1$
Отвод	$\alpha=90^\circ$		$R_k=2 D$	$\xi =0,15$
	$\alpha=75^\circ$		$R_k=2 D$	$\xi =0,14$

$$\Sigma \xi = 0,35$$

По количеству воздуха  $Q= 7200 \text{ м}^3$  и скорости  $v=12,6 \text{ м/с}$  движения воздушного потока находим диаметр воздуховода, отношение  $\lambda/D$  (согласно номограмме – приложение 3):

$$D= 450 \text{ мм} , \lambda/D= 0,031, \rho v^2/2=97,1 \text{ Па}$$

Определяем «методом скоростных давлений» потери давления участка с учетом потерь давления в машине

$$H_{уч} = H_m + (1 \times \lambda/D + \Sigma \xi) \times \rho v^2/2 = 400 + (15 \times 0,031 + 0,56) \times 97,1 = 500 \text{ Па}$$

Для тройника при отношении скоростей воздуха в боковом и прямом участках  $v_b/v_{пр} = 12/10 = 1,2$  и диаметров прямого и бокового участков

$$D_{пр}/D_b = 505/420 = 1,2$$

Находим коэффициенты сопротивления для прямого и бокового участков  $\xi_{пр} = 0,10$ ,  $\xi_b = 0,17$

Величины коэффициентов заносим на схему. Определяем диаметр и потери давления каждого участка в отдельности

Участок 1:

$$D = 505, \lambda/D = 0,028, \Sigma \xi = 0,35, \text{ при } v = 10 \text{ м/с}$$

$$H_{ск} = \rho v^2/2 = 61,2 \text{ Па};$$

$$H_1 = H_m + (1 \times \lambda/D + \Sigma \xi) \times \rho v^2/2 = 240 + (8 \times 0,028 + 0,35) \times 61,2 = 275,1 \text{ Па}$$

Участок 2:

$$D_2 = 405 \text{ мм}; \lambda/D_2 = 0,036; \Sigma \xi = 0,1 + 0,14 + 0,17 = 0,41. \text{ При } v_2 = 12 \text{ м/с}$$

$$H_{ск} = \rho \frac{v_2^2}{2} = 88,1 \text{ Па} ,$$

$$H_2 = H_m + (l_2 \times \lambda/D_2 + \Sigma \xi_2) \rho v_2^2/2 = 170 + (4 \times 0,036 + 0,41) \times 88,1 = 218,8 \text{ Па}$$

Участок 3.  $D_3 = 620 \text{ мм}; \lambda/D_3 = 0,022$ . При  $v_3 = 12 \text{ м/с}$ :

$$H_3 = l_3 \times \lambda/D \times \rho v_3^2/2 = 7 \times 0,022 \times 88,1 = 13,6 \text{ Па}.$$

Магистральным является направление 1-3. Потери давления в магистрали  $H_1 + H_3 = 275,1 + 13,6 = 288,7 \text{ Па}$ .

### Контрольные вопросы:

1. В чем назначение вентиляторов?
2. По каким признакам классифицируются радиальные вентиляторы?

### Практическая работа 4 б

**Тема:** «Особенности расчёта разветвлённой аспирационной сети. Уравнивание потерь давления в точках слияния воздушных потоков различными способами с применением номограмм, таблиц оформление расчёта».

**Цель:** Уметь самостоятельно производить расчеты вентиляционных установок. Уметь использовать приложения и таблицы, применять справочный материал. Развитие логического и технического видения, мышления. Привить навыки самостоятельного расчета вентиляционных установок. Воспитание профессионального подхода к учебному процессу

**Оборудование:** учебная литература «Вентиляционные установки» И.Я. Вайсман. Приложения - таблицы в учебнике.

Участок 2, имеющий потери  $H_2=218,8$  Па – ответвление и потери давления в нем выравняются до величины  $H_2=H_1=275,1$  Па.

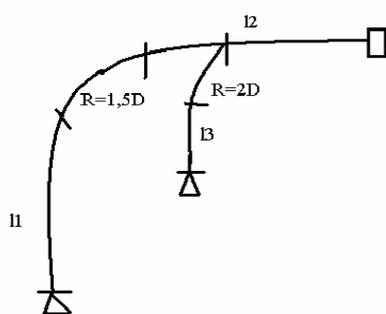
При расчете сети для наглядности и быстрой проверки расчета удобно пользоваться бланками, на которых записывают для каждого участка исходные и искомые величины, последовательно определяемые по таблицам, номограммам и или расчетам (табл. 14, 15).

Для определения диаметра ответвления, чтобы уровнять потери давления до величины  $H_2=H_1=275,1$  Па, воспользуемся формулой

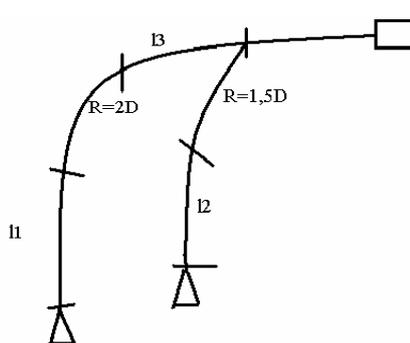
$$D_2 = D_1(H_2/H_1)^{1/5} = 405(218,8/275,1)^{1/5} = 405 \times 0,8^{1/5} = 388 \text{ мм.}$$

Метод «потерь давления на 1 м длины воздуховода»

**Задание:** Определить методом «скоростных давлений», потери давления в участке. Рассчитать  $D_2$ , если  $D_1 = 520$  мм,  $H_1=237,2$  Па  $H_2=225,7$  Па



Q=140  
v1=16  
v2  
H=180 k1=7  
l2=14  
l3=3



Q=150  
v1=14  
v2=10  
H=300  
l1=5  
l2=10  
l3=4

*Зарисовать схемы потерь давления*

### Контрольные вопросы:

1. Каковы законы пропорциональности и их значение при решении задач по вентиляционной технике?

### Практическая работа №5

#### Тема: «Расчет простой пневмотранспортной установки, оформление расчетных таблиц»

**Цель работы** - Изучить методику подбора простых пневмотранспортных установок на зерноперерабатывающих предприятиях.

**Общие сведения:** Расчет пневмотранспортных установок базируется на основных законах аэродинамики. Правильный выбор производительности пневмотранспортной установки имеет большое значение для ее нормальной работы. Пневмотранспортные установки не выдерживают больших перегрузок, поэтому коэффициент запаса учитывает возможную перегрузку продуктопроводов во время работы. Для зерноочистительных отделений мукомольного завода коэффициент неравномерности (запаса) принимается 1,2, а для размольного отделения - 1,5. Скорость движения воздушного потока в продуктопроводах является важным показателем работы пневмотранспортной установки.

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я. Грубиян.

**Задание №1.** Расчет простой пневмотранспортной установки.

#### Порядок работы:

**Расчет простой пневмотранспортной установки.** При расчетах пневмотранспортных установок пользуются формулами, номограммами и таблицами. После выбора основных исходных величин ( $l$ ,  $v$  и  $dp$ .) расчет ведут в определенной последовательности в зависимости от выбора метода. Рассмотрим порядок расчета по заранее выбранной величине массовой концентрации смеси.

1. Выбирают рекомендуемые величины  $v$  и  $\mu$  в зависимости от транспортируемого продукта.

2. Определяют расход воздуха ( $m^3/ч$ ), исходя из известной величины  $\mu$  и расчетной производительности установки  $G_p$

$$Q = G_p / \mu \rho_v.$$

3. Определяют диаметр продуктопровода по полученному расходу воздуха и выбранной скорости воздушного потока

$$d_n = \sqrt{4Q / 60\pi v}.$$

Далее округляют значение диаметра до ближайшего большего или меньшего по действующему стандарту.

4. Определяют окончательное значение расхода воздуха и пересчитывают значение коэффициента массовой концентрации

$$Q' = 60F v \quad \text{и} \quad \mu' = G_p / Q' \rho_v.$$

5. Выбирают разгрузитель по окончательному значению и определяют его сопротивление по формуле или таблицам.

Сопротивление улитки учитывают при определении потерь в отделе, увеличивая их на 5 %.

Если в пневмосеть включен пневмосепаратор, его потери определяют по паспорту или по формуле

$$H_{ne} = \zeta \frac{\rho v^2}{2}$$

Коэффициент  $\zeta$  для пневмосепараторов тип БПС – 1,25.

6. Определяют величину общих потерь давления в пневмотранспортной установке по формуле, номограммам и таблицам. При определении общих потерь по формуле  $H_{max}$  учитывают только в том случае, если машина соединена непосредственно с продуктопроводом.

7. При расчете разветвленной пневмотранспортной сети необходимо рассчитывать все продуктопроводы в указанной последовательности.

При расчетах возможны расхождения между потерями давления в продуктопроводе магистрального направления и в прилегающих линиях. В этом случае необходимо выровнять давления. Для этого используют сужающее устройство-трубку Вентури и дроссельный клапан с ручным приводом, установленное в воздухопроводах непосредственно после улитки разгрузителя.

8. После расчета пневмотранспортной установки и выбора магистрального направления рассчитывают вентиляционную часть, т.е. выбирают пылеотделители и определяют величину их сопротивления, а затем определяют диаметры и величину сопротивления на отдельных участках воздуховода.

Далее определяют сопротивление всей пневмотранспортной установки

$$H_{п.у} = H_{пт} + H_{в.ч.}$$

По полученным данным подбирают соответствующую воздуходвижную машину (вентилятор) и определяют по формуле мощность, потребную для её привода.

### Контрольные вопросы:

1. Каким принимают коэффициент неравномерности в размольных отделениях мельницы?
2. В зависимости от чего выбирают рекомендуемые величины  $\nu$  и  $\mu$  ?
3. Что выбирают после расчета пневмотранспортной установки и выбора магистрального направления рассчитывают вентиляционную часть
4. По какой формуле определяют расход воздуха?
5. Какое устройство используют для выравнивания давления в продуктопроводе магистрального направления и в прилегающих линиях?

### Практическая работа №6а

#### Тема: «Расчет разветвленной пневмотранспортной установки, оформление расчетных таблиц»

**Цель работы** - Изучить методику подбора разветвленных пневмотранспортных установок на предприятиях.

**Общие сведения:** Пневмотранспорт применяют в размольном отделении мукомольного завода на всех технологических этапах производства муки, в зерноочистительном отделении на подачи зерна после обочных машин и для вертикального транспортирования отходов.

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я. Грубиян.

**Задание №1.** Расчет разветвленной пневмотранспортной установки.

### Порядок работы:

#### Расчет разветвленной пневмотранспортной установки.

1. Определяют производительность установки. Если пневмотранспортная установка предназначена для транспортирования вентиляционной пыли (после циклонов), производительность (кг/ч) определяют по формуле

$$G_p = \frac{Q a \eta_n K_{одн}}{1000}$$

где  $Q$  - общий расход воздуха всех вентиляционных сетей, м<sup>3</sup>/ч;  $a$  - средняя запыленность воздуха, г/м<sup>3</sup>;  $\eta_n$  - коэффициент пылеотделения в циклонах (0,80...0,90);  $K_{одн}$  - коэффициент одновременной работы сетей (0,7...0,9).

2. Выбирают величины  $\mu$  и  $\nu$  в зависимости от характера материала.

3. Определяют расход воздуха (м<sup>3</sup>/ч) для пневмотранспортной установки

$$Q = G_p / \mu \rho_v.$$

4. По полученным  $Q$  и  $v$  как при работе ее на чистом воздухе, аналогично расчету обычной вентиляционной сети  $H_v$  с учетом сопротивления в отделителе (все данные расчета вписывают в таблицу).

5. Определяют потери давления в конце сети при транспортировании отходов (пыли) с учетом подъема продукта на высоту  $h$

$$H_n = H_v (1 + K \mu) + \rho g \mu h.$$

Величина коэффициента  $K$  зависит от характера перемещаемого продукта, массовой концентрации смеси  $\mu$ , скорости перемещения и составляет следующие величины

$\mu$	0,05...0,1	0,11...0,2	0,21...0,3	0,31...0,5	0,51...0,7	0,71...1,0	1,1...3,0
$K$	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

6. К потерям давления в сети  $H_n$  добавляют потери давления на небольшом прямом участке от вентилятора, до эжектора, по которому перемещается чистый воздух ( $H_{yc} = Rl$ ) и таким образом получается  $H'_n$ .

7. Если для подачи продукта в сеть принят приемник эжекторного типа, то необходимо учесть потери в нём. Принимают  $\eta_{\text{э}} = 0,7$  и определяют потери в сети.

$$H''_n = H'_n / \eta_{\text{э}} = H'_n / 0,7.$$

8. По полученному расходу воздуха  $Q$  и потерям давления в сети  $H_n$  выбирают по характеристикам соответствующий вентилятор и определяют режим его работы ( $\eta_{\text{э}}$  и  $n$ ).

9. Вычисляют потребную мощность (кВт) для привода вентилятора

$$N = \frac{Q H''_n}{36 \cdot 10^5 \cdot \eta_{\text{в}} \eta_{\text{п}} \eta_{\text{под}}}$$

10. Потребную мощность для привода вентилятора при его работе на чистом воздухе подсчитывают по формуле

$$N = \frac{Q_p H_p}{36 \cdot 10^5 \cdot \eta_{\text{в}} \eta_{\text{п}} \eta_{\text{под}}}$$

Электродвигатель подбирают по каталогу.

11. Если в пневмотранспортной установке предусмотрена очистка воздуха после циклона, необходимо определить потери в воздуховоде и пылеотделителе, как для вентиляционной части пневмосети

$$H_{n,y} = H_m H_{в.ч.}$$

Только после определения  $H_{n,y}$  подбирают вентилятор и определяют потребную мощность электродвигателя.

### Контрольные вопросы:

1. На каких предприятиях устанавливают пневмотранспорт?
2. по какой формуле определяют расход воздуха для пневмотранспортной установки?
3. Когда подбирают вентилятор и определяют потребную мощность электродвигателя?
4. Какой элемент пневмотранспортной сети подбирают по каталогу?
5. Какой показатель обозначается следующим образом  $K_{одн}$ ?

### Практическая работа №6 (б)

#### Тема: «Расчет разветвленной пневмотранспортной установки, оформление расчетных таблиц»

**Цель работы** - Изучить методику подбора разветвленных пневмотранспортных установок на предприятиях, научиться заполнять таблицу по результатам расчетов.

**Общие сведения:** Пневмотранспорт применяют в размольном отделении мукомольного завода на всех технологических этапах производства муки, в зерноочистительном отделении на подачи зерна после обочных машин и для вертикального транспортирования отходов.

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я. Грубиян.  
**Задание №2.** Рассчитать установку внутрицехового пневмотранспорта продуктов размола. Заполнить расчётную таблицу.

### Порядок работы:

**Решение:** Расчетная нагрузка с учетом коэффициента запаса на каждый продуктопровод определена по данным количественного баланса помола и составляет (кг/ч)  $G_1 = 5906$ ;  $G_2 = 5071$  и т.д. Для удобства расчета пневмотранспортной установки пользуются расчетной таблицей 1, в соответствующие графы которой вносят данные расчета по отдельным продуктопроводам.

*Расчет продуктопровода №1.* Расчетная нагрузка  $G_1 = 5906$  кг/ч. Принимаем для расчета скорость движения воздушного потока  $v = 21$  м/с и коэффициент массовой концентрации  $\mu = 3,5$ . Эти данные записываем соответственно в графы 3 и 4. По расчетной производительности  $G_p$  и принятой  $\mu = 3,5$  определяем предварительно расход воздуха для продуктопровода №1 по формуле

$$Q = G_{1p} / \mu \rho_{\text{в}} = 5906 / 3,5 \times 1,2 = 1406 \text{ м}^3/\text{ч} = 23,4 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Эту величину записываем в графу 6. По данным расчета воздуха  $Q = 1406 \text{ м}^3/\text{ч}$  и скорости воздушного потока  $v = 21$  м/с определяем значение диаметра продуктопровода №1.

$$d = 0,146 \sqrt{Q/v} = 0,146 \sqrt{23,4/21} = 0,154 \text{ м} = 154 \text{ мм}$$

Так как  $d = 154$  мм является нестандартным, принимаем стандартный диаметр  $d = 150$  мм. Определяем расчетное (окончательное) значение расхода воздуха.

$$Q'_n = 60 F v = 60 \times 0,0177 \times 21 = 22,3 \text{ м}^3/\text{мин} = 1338 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Пересчитываем значение коэффициента массовой концентрации

$$\mu' = \frac{G_{1p}}{Q'_n \rho_{\text{в}}} = \frac{5906}{1338 \times 1,2} = 3,6$$

Значения стандартного диаметра продуктопровода  $d = 150$  мм, расчетное значение расхода воздуха  $Q = 1338 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $\mu' = 3,6$  вписываем в графы 9, 7 и 5 расчетной таблицы №1.

Подбираем разгрузитель ЦР по  $Q_p$  по таблице. Принимаем разгрузитель ЦР-475, у которого площадь входа воздуха  $F_{\text{вх}} = 0,0261 \text{ м}^2$ . Определяем величину входной скорости в разгрузитель по формуле

$$v_{\text{вх}} = \frac{Q_{\text{ц.р}}}{3600 F_{\text{вх}}} = \frac{1,1 \times 1338}{3600 \times 0,0261} = 15,7 \text{ м/с}$$

где  $Q_{\text{ц.р}} = 1,1 Q_{\text{нр}}$ . Потери давления в результате определяем по формуле:

$$H_{\text{разгр}} = \zeta \frac{\rho v^2}{2} = 4,5 \times 151 = 679 \text{ Па}$$

Где  $\zeta = 4,5$  и  $\rho v^2/2 = 151$  при  $v_{\text{вх}} = 15,7$ . Потери давления в разгрузителе можно также определить по таблице  $H_{\text{ц.р.}} = 626$  вписываем в графу 2 расчетной таблицы.

Потери давления в приемном устройстве типа «Сопло» определяем по таблице (20)  $H_{\text{нр}} = 190$  Па при скорости 21 м/с.

Потери давления в приемном устройстве можно определить по формуле

$$H_{\text{нр}} = \zeta_{\text{нр}} \frac{\rho v^2}{2} = 0,7 \times 170 = 189 \text{ Па}$$

$\zeta = 0,7$  для приемника «Сопло»  $\rho v^2/2 = 270$  при  $v = 21$  м/с.

Потри давления  $H_m$  (вальцового станка 1 драной системы) определяем по приложению 14.  $H_m = 100$  Па. Таким образом получаем величину

$H_{\text{нр}} + H_m = 190 + 100 = 290$ , которую записываем в графу 18.

Таблица 1- Расчетная таблица

Номер по схеме	Расчетная нагрузка	Скорость воздуха	Коэффициент концентрации, $\mu$	Количество воздуха, $Q \text{ м}^3/\text{ч}$	Диаметр продуктопровода, $d, \text{ мм}$	Длина
----------------	--------------------	------------------	---------------------------------	--	--	-------

			предварительный	расчетный	предварительный	расчетный	предварительный	расчетный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5906	21	3,5	3,6	1406	1338	154	150	15

Продолжение

Номер по схеме	Потери на трение на 1 м длины, $R_x, \text{Па}$	Потери на трение, $H_{тр}, \text{Па}$	Коэффициент трения, $K$	Потери на трение, $H_{тр.см}$	Потери в отводе $H_{отв}$	Коэффициент потерь на разгон, $i_p$	Потери				Сумма, Па
							на разгон	в приемнике	на подъем	в разгрузителе	
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	32,0	480	0,459	1312	549	310	1829	290	626	626	4606

Потери давления на разгон после приемного устройства определяем по формуле  $H_{раз=i} G_l=310 \times 5,9=1829 \text{ Па}$ ; значение  $i=310 \text{ (Па/ч)/т}$  определяем по приложению 6 для грубых продуктов (при  $v=21 \text{ м/с}$  и  $d=150 \text{ мм}$ ). Это значение вписываем в графу 16, а значение  $H_{раз}=1829$  вписываем в графу 17. В связи с отсутствием горизонтального участка вертикального продуктопровода по формуле

$$H_{тр.см.в.} = H_{тр} (1 + K_v \mu) = Rl (1 + K_v \mu) = 32 \times 15 (1 + 0,459 \times 3,6) = 1312 \text{ Па.}$$

где  $R, K$  определяют по приложению 6;  $l$  - по рисунку 104.

Потери давления в отводе определяют по формуле  $H_{отв.см} = H_{от.ч.} (1 + K_{отв} \mu) = 120 (1 + 0,993 \times 3,6) = 549 \text{ Па}$ .

Потери давления на подъем продукта по вертикали определяют по формуле  $H_{под} = \rho g \mu h = 1,2 \times 10 \times 3,6 \times 14,5 = 626 \text{ Па}$ , где  $h$  - высота подъема.

Потери давления в сужающем устройстве определяем по формуле

$$H_{суж} = 0,25 \rho \frac{Q_{с.у}^2}{K_p^2}$$

Определяем потери давления в пневмотранспортной установке

$$H_{пт} = 190 + 100 + 1829 + 1312 + 549 + 625 = 4605 \text{ Па.}$$

### Контрольные вопросы:

1. Из каких показателей складываются потери давления пневмотранспортной сети?
2. По какой формуле определяют потери давления в приемном устройстве?
3. В каких единицах измеряется предварительный расход воздуха?
4. Как обозначается величина входной скорости в разгрузитель?
5. В каких единицах измеряются потери давления в пневмотранспортной сети?

### Практическая работа №7

#### Тема: «Упражнения по расчету аэрожелобов»

**Цель работы** - Изучить методику подбора разветвленных пневмотранспортных установок на предприятиях, научиться заполнять таблицу по результатам расчетов.

**Общие сведения:** Оборудование складов с аэрожелобами проектируется в соответствии с отраслевыми инструкциями и типовыми проектами. Исходные данные для расчета

аэрожелобов: марка аэродинамическая характеристика вентилятора, предусматриваемого для использования; длина аэрожелоба; культура и наибольшая влажность зерна в складе; размер отверстий воздухораспределительной решетки аэрожелоба.

**Оборудование:** Методические рекомендации по выполнению практической работы, учебник «вентиляционные и пневмотранспортные установки» М.Р.Вайсман, И.Я. Грубиян.

**Задание №1.** Рассчитать аэрожелоб для транспортирования муки.

### Порядок работы:

**Решение:** Требуется определить основные параметры аэрожелоба для транспортирования 20 т муки в час. Расстояние транспортирования – длина аэрожелоба  $l=30$  м; угол наклона аэрожелоба  $\alpha=3^\circ$

1. Определяем величину фильтрующей поверхности (площадь воздухораспределительной решетки) аэрожелоба ( $m^2$ )

$$F = B l$$

где  $B$ - ширина желоба при заданной производительности и при угле наклона  $\alpha=3^\circ$ ,  $B=25$  мм,  $F=0,25 \times 30=7,5 m^2$ .

2. Определяем количество воздуха, необходимое для транспортирования муки

$$Q_p = K g_{yd} F$$

Удельную воздухопроницаемость для муки выбираем  $g_{yd}=150 m^3/(m^2 \times ч)$ :

$$Q_p = 1,2 \times 150 \times 7,5 = 1350 m^3/ч.$$

3. Определяем сопротивление установки

$$H_{уст} = H_c + H_{жс}.$$

Обычным расчетом определяем сопротивление подводящего воздуховода

$$H = Rl + \sum \zeta \frac{\rho v^2}{2}.$$

Принимаем ориентировочно  $H_c=600$  Па и по рекомендациям исследователей аэрожелобов, для расчета  $H_{жс}=2500$  Па.

Тогда  $H_{уст} = 600+2500=3100$  Па. С учетом коэффициента запаса давления

$$H_p = 1,1 (H_c + H_{жс}) = 1,1 \times 3100 = 3410 \text{ Па}.$$

4. По полученным  $Q=1350 m^3/ч$  и  $H_p=3410$  Па подбираем по характеристикам вентилятор высокого давления и определяем режим его работы. Это вентилятор ВВД ЦВ-18 №8  $\eta_\theta=0,5$  и частотой вращения рабочего колеса 1500 об/мин.

5. Определяем мощность, необходимую для привода вентилятора с учетом КПД клиноременной передачи  $\eta_n=0,95$ .

$$N = \frac{Q_p H_p}{36 \times 10^5 \cdot \eta_v \eta_n \eta_{под}} = \frac{1350 \times 3410}{36 \times 10^5 \times 0,5 \times 0,95} = 2,7 \text{ кВт}$$

$$N_{уст} = 1,2 \times 2,7 = 3,2 \text{ кВт}.$$

По величине  $N_{уст}$  подбираем соответствующий электродвигатель для привода вентилятора.

К достоинствам аэрожелобов можно отнести отсутствие движущих частей, простоту конструкции и обслуживания, высокую производительность при сравнительно небольшом удельном расходе воздуха, небольшие расходы материала на изготовление, возможность загружать и выгружать желоба в различных точках по длине при помощи клапанов, хорошие санитарно-гигиенические условия транспортирования продукта и условия, исключающие развитие вредителей хлебных запасов.

### Контрольные вопросы:

1. Какой показатель определяют по этой формуле  $F=B l$ ?
2. Какую частоту вращения рабочего колеса имеет этот вентилятор ВВД ЦВ-18 №8?
3. Перечислите несколько достоинств аэрожелобов?
4. По какой формуле определяется количество воздуха, необходимое для транспортирования муки?

5. Какой буквой обозначается сопротивление подводящего воздуховода?

## **Используемая литература**

### **Основная литература:**

1. ИЛ. Грубиян, М.Р.Вайсман «Вентиляционные и пневмотранспортные установки», Москва: «Колос», 1984г.
2. ВеселовС.А. «Проектирование вентиляционных установок предприятий по хранению и переработки зерна», Москва, «Колос», 1974 г.

### **Дополнительная литература:**

1. А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев Оборудование для производства муки, крупы, и комбикормов. – Москва: ДеЛи принт, 2005
2. Зотов Б.И. Курдюмов В.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. - М.: Колос, 2000