

**С. Г. Ярушин**

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРОВ**

*Допущено Министерством образования РФ  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров  
«Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных  
производств» и направлению подготовки дипломированных  
специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)**

**Москва • Юрайт • 2014**

УДК 621  
ББК 34.5я73  
Я78

**Автор:**

**Ярушин Станислав Геннадьевич** — доктор технических наук, профессор кафедры инновационных технологий в машиностроении Пермского национального исследовательского политехнического университета.

**Рецензенты:**

*Вороненко В. П.* — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения МГТУ «СТАН-КИН»;

*Митрофанов В. Г.* — доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института конструкторско-технологической информатики РАН.

**Ярушин, С. Г.**

Я78 Технологические процессы в машиностроении : учебник для бакалавров / С. Г. Ярушин. — М. : Издательство Юрайт, 2014. — 564 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс.

ISBN 978-5-9916-3190-7

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования третьего поколения раскрыто содержание основных технологических процессов, применяемых в машиностроении: начиная с методов получения различных конструкционных материалов, заготовительного производства и кончая сборкой, испытанием и контролем готовых изделий. Рассмотрены как традиционные методы формообразования деталей (обработка резанием, прокатка, штамповка и др.), так и современные (например, физико-химические). Описаны структура технологического процесса, последовательность его разработки.

*Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (бакалавры) и «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» (бакалавры, магистры).*

УДК 621  
ББК 34.5я73

ISBN 978-5-9916-3190-7

© Ярушин С. Г., 2011  
© ООО «Издательство Юрайт», 2014

## Оглавление

<b>Предисловие .....</b>	<b>10</b>
<b>Глава 1. Общая характеристика машиностроительного производства .....</b>	<b>11</b>
1.1. Основные понятия и определения .....	11
1.2. Типы машиностроительных производств и методы их работы .....	16
1.3. Производственный состав машиностроительного завода.....	20
1.4. Понятие о производственном и технологическом процессах и их структура .....	22
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>27</i>
<b>Глава 2. Машиностроительное изделие как объект производства .....</b>	<b>28</b>
2.1. Жизненный цикл машиностроительного изделия .....	29
2.2. Служебное назначение машиностроительного изделия .....	31
2.3. Качество изделия .....	35
2.4. Точность деталей .....	38
2.5. Последовательность проектирования изделия машиностроения .....	38
2.6. Структура изделия как объекта производства .....	41
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>45</i>
<b>Глава 3. Материалы, применяемые в машиностроении .....</b>	<b>46</b>
3.1. Укрупненная классификация конструкционных материалов .....	46
3.2. Свойства материалов .....	59
3.3. Области применения различных материалов .....	64
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>73</i>
<b>Глава 4. Производство конструкционных металлических материалов.....</b>	<b>75</b>
4.1. Получение чугуна .....	75
4.2. Получение стали .....	78
4.2.1. Производство стали по способу Бессемера .....	79
4.2.2. Производство стали в кислородных конвертерах .....	81
4.2.3. Получение стали в мартеновской печи .....	83

4.2.4. Получение стали в электропечах .....	88
4.2.5. Внедоменное производство стали .....	92
4.2.6. Способы повышения качества стали .....	93
4.2.7. Разливка стали на слитки .....	98
4.3. Получение меди и ее сплавов .....	102
4.4. Получение алюминия и его сплавов .....	104
4.5. Получение титана и его сплавов .....	106
4.6. Получение магния и его сплавов .....	107
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	109
<b>Глава 5. Производство порошковых материалов и компонентов неметаллических конструкционных материалов .....</b>	<b>110</b>
5.1. Получение порошковых материалов .....	110
5.1.1. Получение порошков механическими методами .....	112
5.1.2. Получение порошков физико-химическими методами .....	121
5.2. Способы получения исходных компонентов композиционных материалов .....	125
5.2.1. Получение армирующих волокон .....	125
5.2.2. Получение компонентов для матриц .....	129
5.3. Получение углеродистых материалов .....	130
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	132
<b>Глава 6. Заготовительное производство в машиностроении .....</b>	<b>133</b>
6.1. Основные понятия, используемые в заготовительном производстве .....	133
6.2. Характеристика заготовительного производства и применяемое оборудование .....	138
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	141
<b>Глава 7. Технология литейного производства .....</b>	<b>142</b>
7.1. Основные понятия .....	142
7.2. Литье в разовые песчаные формы .....	145
7.2.1. Технологическая оснастка .....	147
7.2.2. Изготовление литейных форм .....	150
7.2.3. Изготовление литейных стержней .....	154
7.3. Литье в кокиль .....	155
7.4. Литье в оболочковые формы .....	158
7.5. Литье по выплавляемым моделям .....	159
7.6. Литье по газифицируемым выжигаемым моделям .....	164
7.7. Литье под давлением .....	166
7.8. Литье под низким давлением .....	168
7.9. Литье вакуумным всасыванием .....	169
7.10. Центробежное литье .....	170
7.11. Электрошлаковое литье .....	171
7.12. Литье выжиманием .....	172
7.13. Кристаллизация под давлением и штамповка из расплава.....	173
7.14. Непрерывное и полунепрерывное литье .....	174
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	174

<b>Глава 8. Получение заготовок из порошковых, композиционных и других неметаллических материалов.....</b>	<b>175</b>
8.1. Получение заготовок из порошковых материалов .....	175
8.1.1. Технологические свойства порошка .....	176
8.1.2. Приготовление смеси для изготовления деталей .....	177
8.1.3. Способы формообразования заготовок и деталей .....	177
8.1.4. Спекание и окончательная обработка заготовок .....	182
8.2. Получение заготовок из пластмасс .....	183
8.3. Получение заготовок и деталей из композиционных материалов .....	188
8.4. Получение заготовок из резин .....	194
8.4.1. Изготовление резинотехнических деталей .....	194
8.4.2. Способы изготовления резинотехнических изделий .....	194
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>198</i>
<b>Глава 9. Технологические процессы обработки заготовок пластическим деформированием .....</b>	<b>199</b>
9.1. Природа пластической деформации и ее технические параметры .....	199
9.2. Прокатка .....	201
9.3. Волочение .....	206
9.4. Прессование .....	208
9.5. Листовая штамповка .....	210
9.5.1. Разделительные операции .....	211
9.5.2. Формоизменяющие операции .....	215
9.5.3. Специальные виды штамповки и обработки листового материала .....	225
9.5.4. Инструмент .....	230
9.5.5. Технологическая смазка при листовой штамповке.....	231
9.6. Ковка .....	232
9.6.1. Основные разделительные операции .....	234
9.6.2. Формоизменяющие операции .....	236
9.6.3. Инструмент для ковочных работ .....	236
9.7. Объемная штамповка .....	237
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>240</i>
<b>Глава 10. Технология размерной обработки заготовок деталей.....</b>	<b>242</b>
10.1. Сравнительный анализ методов размерной обработки .....	242
10.2. Методы формообразования поверхностей .....	245
10.3. Качество обрабатываемых поверхностей .....	246
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>251</i>
<b>Глава 11. Технология механической обработки резанием с использованием твердотельных инструментов .....</b>	<b>252</b>
11.1. Основные понятия, используемые при размерной обработке .....	252
11.2. Методы механической обработки заготовок .....	254
11.3. Схемы обработки заготовок на станках токарной группы .....	256
11.3.1. Элементы токарных резцов .....	258

11.3.2. Классификация токарных резцов .....	261
11.3.3. Режимы резания .....	262
11.3.4. Типы токарных станков .....	264
11.4. Технологические методы обработки отверстий .....	274
11.5. Фрезерная обработка заготовок .....	280
11.6. Высокоскоростные методы обработки .....	290
11.7. Методы обработки на строгальных и долбежных станках .....	291
11.8. Методы обработки заготовок протяжкой и прошивкой .....	295
11.9. Обработка заготовок пилением .....	300
11.10. Методы формообразования резьбовых поверхностей .....	304
11.11. Обработка заготовок зубчатых передач .....	309
11.12. Шлифование .....	312
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>318</i>
<b>Глава 12. Современные технологии обработки деталей с использованием различных видов энергии и эффекторов .....</b>	
12.1. Гидроструйная обработка (резка) .....	319
12.2. Физико-химические методы обработки .....	322
12.3. Электрохимическая обработка .....	323
12.4. Электроэрозионная обработка .....	325
12.5. Электронно-лучевая обработка .....	328
12.6. Светолучевая обработка .....	330
12.7. Плазменная обработка .....	333
12.8. Ультразвуковая обработка .....	336
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>337</i>
<b>Глава 13. Технология размерной обработки с наращиванием конечного объема детали .....</b>	
13.1. Предпосылки к использованию технологий с наращиванием объема .....	338
13.2. Технологические процессы наплавки .....	339
13.3. Способ формообразования оплавлением .....	340
13.4. Способ многофазного отверждения струи .....	341
13.5. Технологические процессы размерной обработки формирования деталей наращиванием объема .....	342
13.6. Изготовление деталей методом лазерного синтеза PHENIX .....	344
13.7. Способ формообразования с помощью лазерной инженерной сети (LENS) .....	346
13.8. Способ прямого осаждения металла (DMD) .....	347
<i>Вопросы и задания для самопроверки .....</i>	<i>349</i>
<b>Глава 14. Методы обработки поверхностей заготовок без снятия стружки. Финишная обработка .....</b>	
14.1. Отделочная обработка абразивным инструментом .....	350
14.2. Метод ультразвуковой финишной обработки поверхности металлов .....	362
14.3. Чистовая обработка пластическим деформированием статическими методами .....	362

---

14.4. Чистовая обработка пластическим деформированием динамическими методами .....	367
14.5. Чистовая обработка пластическим деформированием статико-динамическими методами .....	372
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	372
<b>Глава 15. Термическая обработка в технологическом процессе изготовления изделий</b> .....	<b>374</b>
15.1. Характеристика основных видов термической обработки .....	374
15.2. Термическая обработка сталей .....	376
15.3. Термическая обработка цветных сплавов .....	379
15.4. Оборудование для термообработки .....	381
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	384
<b>Глава 16. Нанесение на поверхности деталей износостойких, жаростойких, антикоррозионных и декоративных покрытий</b> .....	<b>385</b>
16.1. Химико-термическая обработка .....	385
16.2. Диффузионная металлизация .....	390
16.3. Получение металлических защитных покрытий .....	392
16.4. Неметаллические защитные покрытия .....	396
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	401
<b>Глава 17. Основы технологии сборочных работ</b> .....	<b>402</b>
17.1. Особенности технологического процесса сборки .....	402
17.2. Классификация видов соединений .....	404
17.3. Классификация видов сборки .....	406
17.4. Технологическое оснащение сборки .....	411
17.5. Оборудование сборочных цехов .....	412
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	416
<b>Глава 18. Сборочные работы при различных видах соединений.....</b>	<b>417</b>
18.1. Основные виды соединений .....	417
18.2. Технологические процессы сборки разъемных соединений.....	418
18.2.1. Сборка резьбовых соединений .....	419
18.2.2. Сборка соединений со шпонками .....	422
18.3. Технологические процессы сборки неразъемных соединений .....	426
18.3.1. Соединения, собираемые с использованием тепловых методов .....	426
18.3.2. Соединения, собираемые путем пластической деформации деталей .....	427
18.4. Технологические процессы сварки .....	429
18.4.1. Сварка плавлением .....	431
18.4.2. Сварка металлов электронным лучом .....	438
18.4.3. Сварка материалов лазерным лучом .....	439
18.4.4. Сварка материалов плазменной струей .....	442
18.4.5. Газовая сварка .....	443
18.4.6. Сварка с применением давления .....	444

18.4.7. Сварка трением .....	447
18.4.8. Ультразвуковая сварка .....	447
18.5. Технологические процессы пайки .....	449
18.6. Технологические процессы склейки .....	450
18.7. Технологические процессы клепки .....	455
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	456
<b>Глава 19. Контроль качества и испытание изделий</b>	
<b>машиностроения</b> .....	<b>457</b>
19.1. Контролируемые параметры .....	457
19.2. Виды контроля .....	458
19.3. Контроль геометрических параметров .....	460
19.4. Контроль внутренних, поверхностных и объемных характеристик .....	464
19.5. Контроль сборки и испытание изделий .....	466
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	469
<b>Глава 20. Структура процесса изготовления деталей машин</b> .....	<b>470</b>
20.1. Структура процесса изготовления изделия .....	470
20.2. Общие правила проектирования технологических процессов изготовления деталей изделий .....	475
20.3. Рабочая программа технологического процесса .....	476
20.4. Техничко-экономические показатели процесса изготовления детали .....	485
20.5. Примеры технологических процессов изготовления деталей .....	487
20.5.1. Изготовление деталей типа тел вращения (ступенчатый вал) .....	487
20.5.2. Детали типа «корпус» .....	495
20.5.3. Детали, получаемые листовой штамповкой .....	501
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	502
<b>Глава 21. Особенности обработки деталей на оборудовании</b>	
<b>с ЧПУ</b> .....	<b>503</b>
21.1. Принцип действия станков с ЧПУ .....	503
21.2. Характеристика обработки на станках с ЧПУ .....	507
21.3. Конструктивные признаки оборудования с ЧПУ .....	508
21.4. Последовательность прохождения информации от чертежа к детали .....	514
21.5. Технологические особенности обработки на многоцелевых станках с ЧПУ типа обрабатывающего центра .....	517
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	522
<b>Глава 22. Автоматизация процессов получения заготовок,</b>	
<b>изготовления деталей и сборки изделия</b> .....	<b>523</b>
22.1. Автоматизация процессов получения заготовок .....	523
22.2. Автоматизация процессов изготовления детали .....	525
22.3. Механизация и автоматизация процессов сборки .....	529
22.4. Применение промышленных роботов .....	538



---

22.5. Комплексная автоматизация производства .....	544
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	546
<b>Глава 23. Основы технологической подготовки производства</b>	
<b>изделий</b> .....	<b>547</b>
23.1. Обеспечение технологичности конструкции изделия .....	547
23.2. Проектирование технологических процессов .....	551
23.3. Конструирование средств технологического оснащения .....	553
23.4. Автоматизация решения задач технологического проектирования .....	557
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i> .....	562
<b>Литература</b> .....	<b>563</b>

## Предисловие

Дисциплина «Технологические процессы в машиностроении» в соответствии с Государственным образовательным стандартом третьего поколения по специальности 151001 «Технология машиностроения» входит в набор обязательных общепрофессиональных дисциплин федерального уровня по направлению 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Усвоение изложенного в данном издании материала предполагает, что студенты уже получили (или получают в текущем семестре) подготовку по таким дисциплинам, как физика, высшая математика, инженерная графика, сопротивление материалов, материаловедение; предусматривает высокий исходный уровень их подготовки, сформированный на предшествующем этапе обучения, и нацелено на пробуждение и развитие их творческого потенциала. Например, студенты должны понимать физику процессов формообразования детали или заготовки пластическим деформированием, механической и электрофизической обработкой, термо- и термохимической обработки поверхности; знать методы и средства достижения требуемого качества изделия; иметь представление об основах производства конструкционных материалов, новейших тенденциях в производстве деталей и заготовок.

Основные задачи изучения дисциплины — выработка четкого представления о современном машиностроительном производстве и его структуре; взаимосвязи между целевым назначением машиностроительного изделия, его функциональной структурой, примененными конструкционными материалами, с одной стороны, и серийностью выпуска и рациональными технологическими методами изготовления его деталей, сборки, контроля и испытаний — с другой.

Фактически дисциплина «Технологические процессы в машиностроении» играет роль введения в специальность «Технология машиностроения».

Знание курса позволит приступить к изучению специальных дисциплин в соответствии с логической схемой учебного плана подготовки бакалавров и магистров.

# Глава 1

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 1.1. Основные понятия и определения

Любая дисциплина имеет базовые специфические понятия и определения. Без четкого и ясного их осмысления трудно вникать в суть и овладевать рассматриваемыми в учебнике материалами, поэтому изучение дисциплины «Технологические процессы в машиностроении» начнем с уяснения основных понятий и определений.

Прежде всего раскроем смысл исходных понятий, входящих в название дисциплины: «технологический», «процесс», «машиностроение».

Прилагательное «технологический» образовано от существительного **«технология»** (от греч. *téchnē* — мастерство, умение и *logos* — учение, наука), которое применительно к сфере материального производства означает область деятельности, науку, дисциплину, систематизирующую совокупность приемов и способов обработки сырья, материалов, полуфабрикатов соответствующими орудиями производства в целях получения готовой продукции.

Понятие **«процесс»** (от лат. *processus* — продвижение) подразумевает совокупность последовательных действий и явлений для достижения конечного результата. Это определение включает не только физические, механические и иные действия и явления, но и возможность управления ими. Иными словами, чтобы получить какой-либо результат, необходимо знать не только сам процесс, но и последовательность воздействия на него.

Применительно к изучаемой области деятельности пользуются процессами, имеющими исключительно закономерный, а не вероятностный и тем более случайный характер, которые можно прогнозировать, рассчитывать результат, управлять ими.

Понятие «**машиностроение**» в буквальной трактовке означает отрасль промышленности, занимающуюся производством машин.

По определению разных энциклопедий «**машина**» есть механизм или сочетание механизмов, осуществляющих определенные целесообразные движения для преобразования энергии или совершения работы. Исходя из этого определения, машина обязана иметь хотя бы один механизм.

В свою очередь, **механизм** — это система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел.

В механизме отдельные тела для переноса (передачи) движения могут быть не только твердыми, но жидкими или газообразными. Например, в гидравлической тормозной системе автомобиля, являющейся механизмом, усилие, которое водитель прилагает к педали тормоза, передается жидкостью по герметичным трубкам к тормозным дискам колес. Кроме того, перенос энергии от тела к телу может осуществляться электромагнитными или иными полями. Например, в электромагнитном клапане заслонка переключается электромагнитными силами.

Все разнообразие машин подразделяют на энергетические, рабочие, транспортные, информационные.

**Энергетические** машины (машины-двигатели) преобразуют любой вид энергии в удобный для эксплуатации. Например, к ним относят паровые турбины, электро-, авиационные и ракетные двигатели и др. В отношении последнего примера может возникнуть вопрос: почему простейший ракетный двигатель на твердом топливе (РДТТ), не имеющий формально (исходя из приведенного ранее определения механизма) ни одной движущейся части, тем не менее относится к машинам? Объяснение кроется в том, что внутренняя энергия топлива в камере сгорания РДТТ вначале преобразуется в тепловую (в результате реакций горения), а затем тепловая — в кинетическую энергию истекающей из сопла со сверхзвуковой скоростью струи продуктов сгорания — реактивную силу, которая приводит в движение ракету. Иначе говоря, в РДТТ перенос движения осуществляется газовой струей, имеющей высокую кинетическую энергию. Таким образом, РДТТ — классический пример энергетической машины.

**Рабочие** машины (машины-орудия), в том числе технологические, преобразуют форму, свойства, положение обрабатываемого материала (предмета). К этому классу относят,

например, термические печи (изменяют свойства материала); металлорежущие станки (изменяют размеры и форму заготовки); стенды регулировки и контроля газотурбинных двигателей (обеспечивают динамическую балансировку ротора) и др.

**Транспортные** машины преобразуют положение материала (перемещаемого предмета). К ним относят эскалаторы, транспортеры, тепловозы, суда, газоперекачивающие агрегаты (транспортируют газ с заданной пропускной способностью по магистральным газопроводам).

**Информационные** машины преобразуют информацию (шифровальные машины, арифмометры, механические интеграторы, ЭВМ, компьютеры и др.). Их относят к другой области производства и поэтому они рассматриваться в учебнике не будут.

Формальная трактовка указанных понятий ограничивает для машиностроения выпуск продукции только сферой энергетических, рабочих и транспортных машин, т.е. автомобилей, самолетов, станков, горношахтного оборудования, бумагоделательных машин, насосов и т.п. На самом деле в современном мире понятие «машиностроение» трактуется значительно шире. Например, установки по газо- и водочистке; автоклавы, реакторы для химической или биологической промышленности; установки крекинга для получения бензина и другое оборудование или технические системы, в которых формально нет (или почти нет) механизмов, производятся на специализированных предприятиях, относимых к машиностроительному профилю.

Фактически в машиностроении производят материальные объекты (называемые изделиями, устройствами, оборудованием), обеспечивающие прямо или опосредованно людей всем необходимым для их жизнедеятельности, т.е. практически всем, что нас окружает. Например, это может быть оборудование для выпечки хлеба или производства сахара (в принципе любого продукта пищевой промышленности); производства тканей и обуви; приготовления лекарств; изготовления бытовой техники; добычи руды, полезных ископаемых на суше и шельфе; получения любых материалов, включая ультрадисперсные и нанопорошки; производства в электронной промышленности, например процессоров, ЧИПов, и т.д.

В развитие темы дадим еще несколько определений понятий, важных для машиностроительного производства.

**Изделием** в машиностроении называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению (определение ГОСТ 2.101–68). Им может быть любая техническая система или ее элементы в сборе, отдельные детали в зависимости от того, какой объект является продуктом конечной стадии данного производства. Например, для авиационного завода изделием является самолет, для станкостроительного — станок, для машиностроительного общего профиля — например автоматическая линия по расфасовке продуктов питания, а для метизного завода — болт, гайка и т.д. Заметим, что изделие является частным случаем единицы промышленной продукции.

Под **продукцией** понимают материализованный результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами, полученный в определенном месте за определенный интервал времени и предназначенный для использования потребителями в целях удовлетворения их потребностей как общественного, так и личного характера.

В учебнике будут рассмотрены технологические процессы только для продукции машиностроительного профиля.

Наряду с понятиями «изделие», «продукция» в машиностроении широко используют понятие «оборудование».

**Оборудование** — это совокупность механизмов, машин, устройств, приборов, необходимых для производственной деятельности.

Как правило, этот термин используют в сочетании с определениями, относящимися к области его применения: технологическое оборудование, обслуживающее оборудование, контрольно-измерительное оборудование, кузнечно-прессовое оборудование и т.п.

Учитывая, что не всякая продукция машиностроительного завода в строгом понимании является «машиной», в дальнейшем для общности изложения будем пользоваться словосочетанием «изделие машиностроения».

Производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий называется машиностроительным, а словосочетание «технологические процессы в машиностроении» в концентрированном виде содержит и отображает все многообразие способов и приемов изготовления любых изделий машиностроения.

Данная дисциплина, исходя из перечисленных формулировок, нацелена на изучение физической сути большинства технологических процессов, используемых для выпуска

машиностроительной продукции на современном этапе. Материал охватывает и увязывает между собой особенности применяемых видов оборудования, инструментов, оснастки, свойств обрабатываемых заготовок (их форму, размеры, материалы, требуемое количество и др.); раскрывает логику преобразования исходных материалов в конечный продукт — машиностроительное изделие; показывает плюсы и минусы тех или иных технологических процессов.

Изучение многообразных способов и технологических процессов производства машиностроительной продукции чрезвычайно важно для будущих специалистов. Только на основе осознанного выбора наиболее эффективных для конкретных условий (конструкций, материалов, потребительских свойств, количества выпускаемых изделий) технологических процессов и оборудования можно минимизировать издержки производства. Для выживания в конкурентной борьбе с разными производителями одинаковой или близкой по целевому назначению и потребительским свойствам машиностроительной продукции необходимо снижать потребление энергоресурсов, материалов; затрат труда; цикл времени изготовления и другие издержки. При этом конечное изделие обязано иметь высокий и стабильный уровень потребительских свойств с момента начала эксплуатации до момента исчерпания расчетного ресурса.

В реализации требуемых потребительских свойств изделий машиностроения определяющая роль принадлежит методам и средствам их производства. Детали, узлы и другие компоненты изделий чрезвычайно разнообразны по форме, размерам, выполняемым функциям. Для их изготовления необходимы как материалы с самыми различными свойствами, так и технологические процессы, основанные на разных принципах действия. Многолетняя практика показывает, что в современном машиностроительном производстве не существует универсальных методов обработки в равной степени эффективных для изготовления различных деталей из разных материалов. Каждый метод имеет свою конкретную область применения, причем эти области нередко пересекаются, так что одна и та же деталь может быть изготовлена различными способами.

Усвоение материала данной дисциплины важно еще и потому, что именно машиностроение, точнее его уровень и динамика обновления, является локомотивом развития реальной экономики в стране. Например, уровень информатизации,

степень освоения информационных технологий — сфер, казалось бы, далеких от технологий машиностроения, на самом деле существенно от него зависит. Микросхемы, монтажные платы, ЧИПы, сборочные конвейеры и многое другое — все это изготавливается на или с помощью оборудования, произведенного на машиностроительных заводах.

Практически любое сложное изделие (или техническая система) — это плод совместной деятельности специалистов многих отраслей производства, и не только машиностроительного. Например, электрические цепи, пускатели, реле, электроприводы создаются электротехнической промышленностью, датчики измерений расстояний, приборы телеметрии — радиотехнической отраслью, контроллеры, системы управления CNC — электронной промышленностью. Важным компонентом современного оборудования является оснащение его программными продуктами. И этот перечень можно продолжить.

Дисциплина «Технологические процессы в машиностроении» ограничивается рассмотрением производственных процессов получения изделий, реализуемых только на машиностроительных предприятиях.

## **1.2. Типы машиностроительных производств и методы их работы**

**Тип производства** — классификационная категория, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпускаемых изделий. В зависимости от потребностей человека, учреждения, отрасли или государства изделия выпускаются предприятиями в различных количествах. Соответственно производства условно подразделяют на единичное, серийное или массовое.

Отнесение предприятия (завода) или цеха к тому или иному типу производства называется условным потому, что возможно одновременное существование различных типов, т.е. отдельные изделия или детали могут изготавливаться в соответствии с разными принципами: одни — единичным порядком, другие — серийным или одни — массовым, другие — серийным и т.п. Так, на предприятиях тяжелого машиностроения, характеризующихся единичным производством сложных крупногабаритных изделий (например, шагающих экскаваторов), требующиеся для них в большом количестве мелкие унифицированные или стандартизированные детали могут



изготавливаться по принципу серийного и даже массового производства.

Под **единичным** (индивидуальным) производством понимают изготовление единичных экземпляров изделий по неизменным чертежам, которое не повторяется либо повторяется редко, через неопределенное время.

Отличительными особенностями единичного типа производства являются: многономенклатурность выпускаемой продукции; отсутствие постоянного закрепления за рабочими местами определенных изделий; использование универсального оборудования, приспособлений и инструментов; размещение оборудования по однотипным группам; наличие высококвалифицированных рабочих-универсалов; большой объем ручных операций; высокая длительность производственного цикла и др. К нему относят выпуск экспериментальных или уникальных образцов машиностроительных изделий, любого нестандартного оборудования.

Под **серийным** производством понимают изготовление изделий по неизменным чертежам периодически повторяющимися партиями в течение определенного периода времени.

В зависимости от числа изделий в партии его подразделяют на: **мелкосерийное**, **серийное** и **крупносерийное**. Такое подразделение достаточно условно. При одном и том же числе изделий в партии, но разных размерах и сложности, производство можно отнести к разным видам. Например, изготовление 25 проходческих комбайнов для выработки месторождений калийной руды можно отнести к среднесерийному производству, 25 тяжелых транспортных самолетов «Руслан» — к крупносерийному, а 25 малогабаритных токарных станков — к мелкосерийному. Ориентировочно серийность производства определяют по табл. 1.1.

Продукцией серийного производства являются изделия, выпускаемые в значительном количестве: металлорежущие

Таблица 1.1

### Серийность производства

Производство	Количество в серии изделий		
	крупных	средних	мелких
Мелкосерийное	2–5	5–25	10–50
Среднесерийное	6–25	26–150	51–300
Крупносерийное	> 25	> 150	> 300

станки, насосы, компрессоры и т.д. В этом случае используют высокопроизводительное универсальное и специализированное оборудование; специализацию рабочих мест по выполнению нескольких закрепленных операций; универсальные, переналаживаемые быстродействующие приспособления; универсальный и специальный инструмент. Широко применяют станки с ЧПУ, многоцелевые станки и гибкие переналаживаемые системы (ГПС). Серийное производство также характеризуется незначительным объемом ручных операций, наличием рабочих средней квалификации, незначительной длительностью производственного цикла и др.

Под **массовым** производством понимают изготовление изделий по неизменным чертежам в больших количествах и в течение длительного периода времени.

Продукцией массового производства являются изделия узкой номенклатуры и стандартного типа, например автомобили, велосипеды, электродвигатели, швейные и стиральные машины, подшипники и т.п. На большинстве рабочих мест выполняют только одну закрепленную постоянно повторяющуюся операцию. Массовому производству свойственны следующие особенности: ограниченная номенклатура изделий; предметная специализация рабочих мест; расположение оборудования в последовательности выполнения операций; применение высокопроизводительного автоматизированного и роботизированного оборудования, специальных приспособлений и инструмента; широкое использование транспортных устройств для передачи заготовок вдоль поточной линии; механизация и автоматизация технического контроля; наличие рабочих невысокой квалификации; минимальная длительность производственного цикла и др.

Тип производства определяют по коэффициенту закрепления операций  $K_{з.о}$

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P},$$

где  $Q$  — число операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение планового периода, равного одному месяцу;  $P$  — число рабочих, выполняющих различные операции.

Коэффициент закрепления операций является одной из основных характеристик типа производства (ГОСТ 3.1121–84). Значение для массового производства составляет  $K_{з.о} = 1$ , для

крупносерийного — 1–10, для серийного — 10–20. При единичном производстве  $K_{з.о}$  может быть более 40.

В машиностроении различают две формы производства: непоточное и поточное.

**Непоточным** называют производство, при котором его объекты в процессе изготовления находятся в движении с различной продолжительностью операций и перерывов между ними. Эта форма характерна для единичного производства.

**Поточным** называют производство, при котором операции закреплены за определенными рабочими местами, расположенными в порядке их выполнения, а объект производства передается с одного рабочего места на другое с определенным тактом.

Это наиболее совершенная с точки зрения минимизации издержек форма организации массового производства. По этому принципу строятся автоматические линии обработки и сборки. Особенность автоматического производства — выполнение операций без непосредственного участия рабочего либо под его наблюдением и контролем. Поточное производство может быть и неавтоматическим, если установку заготовок и их снятие после обработки выполняет рабочий.

Для организации поточного производства требуется одинаковая или кратная производительность на всех операциях. На линии обработанные заготовки или собранные узлы выпускаются через строго определенный интервал времени, называемый тактом выпуска.

**Такт выпуска** (мин/шт.) — интервал времени  $T_{в}$  между выпуском двух изделий или заготовок определенных наименований, следующих одно за другим,

$$T_{в} = \frac{\Phi_{д}}{N},$$

где  $\Phi_{д}$  — действительный фонд времени в планируемом периоде (месяц, сутки, смена), ч;  $N$  — производственная программа на этот же период (число изделий, шт.).

**Цикл** — интервал календарного времени от начала до конца выполнения какого-либо повторяющегося технологического или производственного процесса независимо от числа одновременно изготавливаемых изделий.

Различают цикл изготовления изделия в целом, отдельных сборочных единиц и деталей, выполнения отдельных операций.

Каждое производство обладает определенной **производственной мощностью**, под которой понимают максимально возможный выпуск продукции установленных номенклатуры и количества, который может быть осуществлен за определенный период времени при установленном режиме работы.

### 1.3. Производственный состав машиностроительного завода

Машиностроительные заводы (предприятия), исходя из организационных и экономических соображений, обладают определенной функциональной структурой, т.е. состоят из отдельных производственных единиц, называемых цехами, и различных функциональных объектов и устройств.

Основной организационной единицей завода является производственный **цех**, который представляет собой производственное, административно-хозяйственное обособленное подразделение завода. Он включает в себя производственные участки, вспомогательные подразделения, служебные и бытовые помещения.

**Производственный участок** объединяет группу рабочих мест, организованных по предметному, технологическому или предметно-технологическому принципу.

**Рабочее место** — элементарная единица структуры предприятия, где размещаются исполнители работы, обслуживаемое ими технологическое оборудование, часть конвейера, на ограниченное время оснастка и предметы труда (ГОСТ 14.004—83).

В состав машиностроительного завода входят следующие группы:

- заготовительные цеха (чугунолитейные, сталелитейные, литейные цветных металлов, кузнечные, кузнечно-прессовые, прессовые, кузнечно-штамповочные и др.);
- обрабатывающие цеха (механические, термические, холодной штамповки, деревообрабатывающие, металлопокрытий, сборочные, окрасочные и др.);
- вспомогательные цеха (инструментальные, ремонтно-механические, электроремонтные, модельные, экспериментальные, испытательные и др.);
- складские объекты (помещения) (для металла, инструмента, формовочных и шихтовых материалов, принадлеж-