

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

<b>Предисловие</b> . . . . .	7
<b>Введение</b> . . . . .	9
<b>Глава 1. Общие сведения о металлорежущих станках.</b> . . . . .	11
1.1. Основные технологические термины и определения . . . . .	11
1.2. Классификация, система обозначения и режимы резания металлорежущих станков. . . . .	17
1.3. Технические характеристики технологического оборудования . . . . .	24
1.4. Общие сведения о программном управлении станками . . . . .	25
1.5. Конструктивные особенности современных отечественных УЧПУ . . . . .	29
<b>Глава 2. Станки токарной группы</b> . . . . .	32
2.1. Назначение и классификация токарных станков . . . . .	32
2.2. Токарные автоматы и полуавтоматы . . . . .	33
2.3. Универсальные токарно-винторезные и токарные станки . . . . .	42
2.4. Токарно-карусельные станки . . . . .	50
2.5. Токарные станки с ЧПУ . . . . .	52
2.6. Токарные обрабатывающие центры . . . . .	63
2.7. Токарные станки разные . . . . .	71
<b>Глава 3. Станки сверлильно-расточной группы.</b> . . . . .	79
3.1. Назначение и классификация сверлильно-расточных станков . . . . .	79
3.2. Конструктивные особенности сверлильно-расточных станков с ЧПУ. . . . .	80
3.3. Вертикально-сверлильные станки . . . . .	81
3.4. Радиально-сверлильные станки . . . . .	84
3.5. Горизонтально-расточные станки и горизонтальные обрабатывающие центры . . . . .	85
3.6. Координатно-расточные станки . . . . .	92
3.7. Отделочно-расточные и хонинговальные станки . . . . .	93
<b>Глава 4. Станки шлифовальные и доводочные</b> . . . . .	95
4.1. Назначение, классификация, режимы резания шлифовальных и доводочных станков . . . . .	95
4.2. Круглошлифовальные станки . . . . .	98
4.3. Плоскошлифовальные станки . . . . .	100
4.4. Бесцентрово-шлифовальные станки . . . . .	102
4.5. Внутришлифовальные, точильно-шлифовальные и заточные станки . . . . .	103
4.6. Общие сведения о станках, работающих по методу тонкого шлифования . . . . .	105

<b>Глава 5. Станки для электрофизико-химической, ультразвуковой обработки, комбинированные</b>	114
5.1. Общие сведения о лучевой обработке деталей	114
5.2. Лазерные технологические установки	116
5.3. Отечественные станки электрофизико-химической обработки	117
5.4. Зарубежные станки ультразвуковой обработки	120
<b>Глава 6. Станки резбообрабатывающие</b>	123
6.1. Назначение и классификация резбообрабатывающих станков	123
6.2. Способы резбообработки	126
6.3. Зарубежные резбообрабатывающие станки и приспособления	130
<b>Глава 7. Станки зубообрабатывающей группы</b>	133
7.1. Назначение, классификация и общие сведения о зубообрабатывающих станках	133
7.2. Нарезание зубчатых колес зубодолблением	138
7.3. Зубострогальные станки	140
7.4. Зубошлифовальные станки	143
<b>Глава 8. Станки фрезерной группы</b>	148
8.1. Назначение и классификация фрезерных станков	148
8.2. Широкоуниверсальные консольно-фрезерные станки	150
8.3. Вертикальные, горизонтальные и продольно-фрезерные станки	155
8.4. Отечественные фрезерные станки с ЧПУ и обрабатывающие центры	156
8.5. Импортные фрезерные станки и обрабатывающие центры	176
<b>Глава 9. Станки строгально-протяжной группы</b>	182
9.1. Назначение и классификация строгальных станков	182
9.2. Поперечно-строгальные станки	183
9.3. Продольно-строгальные и долбежные станки	184
9.4. Устройство протяжных станков	185
<b>Глава 10. Многоцелевые станки</b>	189
10.1. Общие сведения, назначение и классификация многоцелевых станков	189
10.2. Особенности конструкций многоцелевых станков	189
10.3. Многоцелевые сверлильно-фрезерные станки	191
10.4. Интегрированный обрабатывающий центр с ЧПУ	193
10.5. Мощные высокоскоростные обрабатывающие центры и суперцентры	195
10.6. Многоцелевые станки промышленной группы «АСВ-Техника»	199
10.7. Многоцелевые станки зарубежных фирм	204
<b>Глава 11. Станки специального назначения</b>	207
11.1. Станки трубообрабатывающие	207
11.2. Станки для ротационной вытяжки	207
11.3. Станки для ремонта роторов	209

<b>Глава 12. Агрегатные станки</b> . . . . .	214
12.1. Назначение агрегатных станков и схемы их компоновок . . . . .	214
12.2. Модульные специальные металлорежущие станки . . . . .	215
12.3. Конструктивные особенности модулей. . . . .	217
<b>Глава 13. Капитальный ремонт и модернизация металлорежущего оборудования</b> . . . . .	218
13.1. Ремонт и модернизация зубообрабатывающего оборудования . . . . .	218
13.2. Ремонт и модернизация станков на предприятиях промышленной группы «АСВ-Техника» . . . . .	219
13.3. Сервисное обслуживание металлорежущих станков Рязанским станкостроительным заводом . . . . .	221
<b>Глава 14. Кузнечно-прессовое оборудование</b> . . . . .	222
14.1. Общие сведения о кузнечно-прессовом производстве . . . . .	222
14.2. Оборудование кузнечных цехов свободнойковки . . . . .	225
14.3. Кузнечно-прессовое оборудование зарубежных фирм . . . . .	230
<b>Глава 15. Листоштамповочное оборудование</b> . . . . .	237
15.1. Общие сведения о производстве штампованных изделий . . . . .	237
15.2. Ножницы для резки листовых и профильных материалов . . . . .	238
15.3. Прессы листоштамповочные . . . . .	243
15.4. Вытяжные прессы листоштамповочные . . . . .	245
15.5. Штамповочные автоматы . . . . .	250
<b>Глава 16. Правильные и гибочные машины</b> . . . . .	253
16.1. Назначение, принцип действия и производители правильно-гибочных машин . . . . .	253
16.2. Профилегибочные, трубогибочные и арматурогибочные станки . . . . .	256
16.3. Гидравлические вертикально-гибочные прессы. . . . .	258
<b>Глава 17. Лазерные и плазменные прессы и комплексы</b> . . . . .	263
17.1. Назначение и принцип действия . . . . .	263
17.2. Станки с ЧПУ портального типа для резки плазмой и автогеном. . . . .	264
17.3. Плазменная резка листа металла толщиной до 160 мм. . . . .	266
17.4. Тонкоструйная плазмотехника . . . . .	266
<b>Глава 18. Литейное оборудование</b> . . . . .	268
18.1. Общие сведения о литейных цехах. . . . .	268
18.2. Технологическая характеристика отливок . . . . .	269
18.3. Плавильные агрегаты для чугунного литья . . . . .	271
18.4. Плавильные агрегаты для плавки стального литья . . . . .	275
18.5. Плавильные агрегаты для цветного литья . . . . .	278
18.6. Установки электрошлакового переплава . . . . .	281
<b>Глава 19. Сварочное оборудование</b> . . . . .	282
19.1. Классификация видов электродуговой сварки и источников тока . . . . .	282
19.2. Сварочные трансформаторы . . . . .	283

19.3. Сварочные выпрямители . . . . .	286
19.4. Назначение и области применения сварочных выпрямителей . . . . .	289
19.5. Инверторные источники сварочного тока . . . . .	290
19.6. Источники сварочного тока резонансные . . . . .	291
19.7. Сварочные агрегаты . . . . .	291
19.8. Машины для точечной сварки. . . . .	294
19.9. Машины для шовной сварки . . . . .	297
19.10. Машины для стыковой сварки . . . . .	298
19.11. Особенности электросварки в среде защитных газов . . . . .	298
<b>Глава 20. Определение обобщающего показателя экономической эффективности внедрения современного прогрессивного металлообрабаты- вающего оборудования . . . . .</b>	<b>300</b>
20.1. Общие сведения о коэффициенте сменности работы оборудо- вания . . . . .	300
20.2. Методы определения фактического коэффициента сменности работы оборудования . . . . .	301
20.3. Основные направления повышения коэффициента сменности работы металлообрабатывающего оборудования . . . . .	302
20.4. Определение факторов, повышающих коэффициент сменности работы оборудования . . . . .	303
<b>Литература . . . . .</b>	<b>307</b>

В решении проблемы модернизации промышленности России металлообработке принадлежит первостепенная роль.

Основными аспектами, определяющими развитие металлообрабатывающей промышленности России на перспективу до 2030 г., являются:

- ◆ План мероприятий по реализации в среднесрочной перспективе приоритетных задач, предусмотренных Концепцией развития автомобильной промышленности России.

- ◆ План мероприятий по реализации Стратегии развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 г.

- ◆ План мероприятий по развитию отечественного сельскохозяйственного машиностроения.

- ◆ Реализация программы союзного государства «Создание и организация серийного производства комплексов высокопроизводительных сельскохозяйственных машин на базе универсального мобильного энергетического средства мощностью 200...450 л. с».

- ◆ Обеспечение реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка и освоение серийного производства семейства конкурентоспособных дизельных двигателей для автотранспортных средств различного назначения» (головной исполнитель — ОАО «Заволжский моторный завод»).

- ◆ Обеспечение реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка и организация серийного производства зерноуборочного комбайна нового класса» (головной исполнитель — ОАО «Ростсельмаш»).

- ◆ Обеспечение реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Создание семейства двигателей для грузовых автомобилей, удовлетворяющих требованиям к выбросам вредных загрязняющих веществ в Евро-2, Евро-3, Евро-4» (головной исполнитель — ОАО «КАМАЗ»).

- ◆ Обеспечение реализации важнейшего инновационного проекта «Разработка и освоение производства гаммы отечественных универсальных технологических роботов для массовых автоматизированных производств гражданской машиностроительной продукции».

- ◆ Обеспечение реализации важнейшего инновационного проекта «Разработка и организация серийного производства гусеничного трактора класса 5,0».

♦ Развитие опережающими темпами судостроения, производства авиационной и вычислительной техники, средств связи, технологического оборудования для топливно-энергетического комплекса, изделий медицинской техники.

♦ Рост выпуска вертолетов? подтвержденный наличием экспортных заказов. Большой спрос обусловлен высокими качественными характеристиками вертолетов российского производства и их более низкими ценами по сравнению с иностранными производителями.

В этих условиях наличие справочного материала по прогрессивному металлообрабатывающему оборудованию приобретает важное значение.

*Автор*

Машиностроению принадлежит определяющая роль в укреплении индустриальной мощи страны.

Приняв новый стратегический курс на ускорение социального и экономического развития России, Президент и Правительство поставили перед страной задачу огромной экономической и политической значимости: модернизировать машиностроение, перестроить его на выпуск систем и комплексов оборудования самого высокого технического класса для всех отраслей промышленности и бытовых нужд населения.

Один из коренных вопросов, решение которого обеспечит выход машиностроения на более высокую качественную ступень, — повышение технического уровня и эксплуатационной надежности машин, оборудования, приборов. К 2030 г. предстоит снизить удельную металлоемкость машин на 12...18 %, удельную энергоемкость — на 7...12 %, степень автоматизации довести до 36 %.

В выпуске новой техники приоритет будет отдан машинам, оборудованию и приборам, наиболее активно способствующим ускорению технического прогресса. Государственную поддержку получают отрасли, играющие ключевую роль в интенсификации общественного производства: станкостроение, приборостроение и электротехническая промышленность. Объемы производства в этих отраслях возрастут за 5 лет в 2,5...3 раза.

Разработан и принят «План первоочередных мероприятий по развитию станкостроения», содержащий программу согласованных активных действий государства, бизнеса и научных организаций.

Инновационное развитие машиностроения, насыщение производства новыми техническими средствами и технологиями являются основным источником дальнейшего экономического роста страны. В России есть все необходимые условия для опережающего инновационного развития машиностроения: собственная сырьевая база, научный, интеллектуальный, кадровый, производственный потенциал.

Настоящий справочный материал, изложен в книге с учетом требований Федеральных государственных образовательных стандартов для специальностей 151001 и 151901 «Технология машиностроения». Сконцентрированные сведения будут помогать учащимся и специалистам решать актуальные вопросы отечественного машиностроительного комплекса, его модернизации и развитие в России.

В книге представлен материал о назначении, области применения и технические характеристики наиболее востребованных на российском рынке моделей металлорежущего, кузнечно-прессового, литейного и сварочного оборудования отечественного и зарубежного производств, даны примеры и рекомендации по модернизации оборудования.

Справочник предназначен инженерно-техническим работникам всех отраслей машиностроения и студентам машиностроительных вузов, техникумов и колледжей.



## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

### 1.1. Основные технологические термины и определения

Применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области технологических процессов изготовления и ремонта изделий машиностроения установлены ГОСТ 3.1109—82\*. Термины, предусмотренные стандартом, обязательны для применения в документации всех видов научно-технической, учебной и справочной литературы.

На заводе *производственный процесс* складывается из совокупности действий людей и работы машин, в результате чего из материалов и полуфабрикатов получают готовую продукцию. В соответствии с ГОСТ 3.1109—82\* *технологическим процессом* называют часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда (изменение размеров, формы, свойств обрабатываемого материала или сборка деталей и сборочных единиц в готовое изделие).

Технологический процесс подразделяют на операции. Операция в свою очередь состоит из переходов, установов, позиций и рабочих приемов.

*Операция* — часть технологического процесса обработки одной или нескольких деталей, выполняемая на одном рабочем месте одним рабочим или бригадой непрерывно до перехода к обработке следующей детали (деталей).

*Переход* — часть операции, в процессе которой обрабатывают одну или одновременно несколько поверхностей при неизменных инструменте и режиме обработки. Для снятия с обрабатываемой поверхности большого слоя металла переход делят на проходы.

*Проход* — часть перехода, связанная со снятием одного слоя металла с обрабатываемой поверхности. Режим обработки и рабочий инструмент при проходе также не изменяются (изменение глубины резания не рассматривается как изменение режима обработки).

Операция и переход — основные элементы технологического процесса, и их содержание записывают в карту технологического процесса. На операцию рабочему устанавливают норму времени.

Операцию можно выполнять за один или несколько установов.

*Установ* — часть операции, выполняемая при одном закреплении детали на станке.

В качестве примера рассмотрим два варианта возможной токарной обработки валов электродвигателей. Первый вариант. Установив вал в центрах станка, обрабатывают ступени одного его конца, затем, перевернув и пере-

крепив вал, — ступени другого его конца. Второй вариант. У всей партии валов поочередно обрабатывают ступени одного конца, затем также поочередно обрабатывают ступени другого конца.

В первом варианте обработка валов произведена в одну операцию, но за два установка. Во втором — вся партия валов обработана за две операции с одного установка в каждой из них.

Если закрепленная деталь перемещается вместе с приспособлением в другое положение для обработки другим инструментом или других поверхностей, то такая операция состоит из нескольких позиций (например, обработка подшипниковых щитов электродвигателей на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах).

*Позиция* — часть операции, выполняемая при неизменном положении обрабатываемой детали относительно рабочих органов станка.

При определении расчетной нормы времени возникает необходимость деления операции на еще более мелкие части — рабочие приемы.

*Рабочий прием* — законченное действие рабочего при выполнении операции (например, включение механической подачи, поворот резцедержателя, остановка станка и т. п.).

*Цикл технологической операции* — интервал календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий.

*Технологический режим* — совокупность значений параметров технологического процесса в определенном интервале времени. (К параметрам технологического процесса относят скорость резания, подачу, глубину резания, температуру нагрева или охлаждения и т.д.).

*Обрабатываемая поверхность* — поверхность, подлежащая воздействию в процессе обработки.

*Технологическая база* — поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, используемые для определения положения предмета труда в процессе изготовления.

*Припуск* — слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

*Обработка* — действие, направленное на изменение свойств предмета труда при выполнении технологического процесса.

*Механическая обработка* — обработка резанием или давлением.

*Черновая обработка* — обработка, в результате которой снимается основная часть припуска.

*Чистовая обработка* — обработка, в результате которой достигаются заданные точность размеров и шероховатость обрабатываемых поверхностей.

*Технологический документ* — графический или текстовый документ, который отдельно или в совокупности с другими документами определяет технологический процесс или операцию изготовления изделия.

Комплекс процедур, необходимых для подготовки и утверждения технологического документа в соответствии с порядком, установленным на предприятии, называют *оформлением технологического документа*.

*Операционное описание технологического процесса* — полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

*Маршрутно-операционное описание технологического процесса* — сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения.

В зависимости от количества и номенклатуры выпускаемых предприятием изделий и их трудоемкости машиностроительные производства разделяют на три типа: массовое; серийное; индивидуальное, или единичное. Каждому типу производства присущи своя организация производства и характер технологических процессов.

*Массовым производством* называют производство однотипных изделий, выпускаемых в больших количествах в течение сравнительно длительного времени. Для массового производства характерно применение для обработки деталей специальных станков, станков-полуавтоматов и автоматов, а также автоматических линий. Оборудование в цехах в данном случае устанавливают по потоку, т. е. по ходу технологического процесса. За каждым станком, как правило, закрепляют выполнение одних и тех же операций.

Станки оснащают высокопроизводительными быстродействующими приспособлениями, специальным и комбинированным режущим инструментом.

Для проверки деталей применяют измерительные приспособления, различные калибры и шаблоны. Сборку изделий производят на конвейерно-точных линиях.

Как пример массового производства можно привести обработку валов электрических машин на автоматических линиях, подшипниковых щитов на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах.

*Серийное производство* — это такое производство, при котором изготовление изделий производится в течение месяца, квартала периодически повторяющимися партиями (сериями).

В зависимости от величины партии серийное производство подразделяют на *мелко-, средне- и крупносерийное*.

По методам изготовления изделий мелкосерийное производство тяготеет к индивидуальному, а крупносерийное — к массовому производству. При серийном производстве применяют универсальное, специальное, специализированное оборудование, станки-автоматы.

За каждым станком закрепляют выполнение одной или нескольких операций. Универсальные станки оснащают специальными приспособлениями, превращающими их в специализированные.

Используют специальный и универсальный режущий и измерительный инструменты. С целью приближения методов обработки изделий, присущих массовому производству, в серийном производстве все чаще применяют групповую обработку деталей и универсально-сборные приспособления (УСП).

*Индивидуальное, или единичное, производство* — это такое производство, при котором изделия изготавливают в одном или нескольких экземплярах. При этом выпуск их в дальнейшем не повторяется или повторяется через неопределенные, длительные промежутки времени.

Выбор типа производства осуществляется путем сравнения темпа выпуска детали со средним штучным временем, затрачиваемым на одну операцию механической обработки.

Интервал времени  $\tau_b$  между выпуском двух последовательно обрабатываемых деталей в условиях строго ритмичного производства называют *темпом выпуска*.

Темп выпуска (мин/шт.) рассчитывают по формуле

$$\tau_b = \frac{60F_d \cdot m}{N}, \quad (1.1)$$

где  $F_d$  — действительный годовой фонд времени работы оборудования при работе в одну смену, ч;  $m$  — число смен;  $N$  — годовая программа выпуска заданной детали, шт.

Действительный годовой фонд времени (ч) рассчитывают по формуле

$$F_d = T_{см} \Phi K_p, \quad (1.2)$$

где  $T_{см}$  — продолжительность одной смены, ч;  $\Phi$  — число рабочих дней в году;  $K_p$  — коэффициент ( $K_p < 1$ ), учитывающий простой оборудования в течение рабочей смены в связи с текущим ремонтом и техническим обслуживанием (принимают по данным табл. 1.1).

Таблица 1.1. Значение коэффициента  $K_p$

Оборудование	Число рабочих смен		
	1	2	3
Металлорежущие станки общего назначения	0,98	0,97	0,96
Уникальные металлорежущие станки (массой свыше 100 т или особо сложной конструкции)	—	0,94	0,90
Автоматические линии	—	0,90	0,88

Число рабочих дней в году определяют по формуле

$$\Phi = 365 - (B + П), \quad (1.3)$$

где 365 — число дней в году;  $B$  — число выходных дней;  $П$  — число праздничных дней.

Среднее штучное время (мин) на операцию рассчитывают по формуле

$$T_{шт.сп} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.i}}{n}, \quad (1.4)$$

где  $n$  — число операций механической обработки;  $T_{шт.i}$  — штучное время  $i$ -й операции.

Для подсчета  $T_{шт.i}$  используют приближенные формулы основного времени  $T_o$  для отдельных переходов, входящих в операцию (табл. 1.2), а также ориентировочные поправочные коэффициенты  $\phi_k$ , учитывающие вспомогательное время на выполнение операции (табл. 1.3):

$$T_{шт.i} = T_{oi} \phi_k. \quad (1.5)$$

После подсчета темпа выпуска и среднего штучного времени на операцию определяют коэффициент серийности ( $K_{сер}$ ):

$$K_{сер} = \frac{\tau_v}{T_{шт.сп}}. \quad (1.6)$$

**Т а б л и ц а 1.2. Формулы для расчета норм основного технологического времени  $T_0$  обрабатываемой поверхности**

№ п/п	Метод обработки	Расчетная формула $T_0$ , мин
1	Черновая обточка за один проход	$1,7 \cdot 10^{-4} dl$
2	Чистовая обточка по <i>IT9</i>	$1 \cdot 10^{-4} dl$
3	Черновая подрезка торца $Rz = 40$	$3,7 \cdot 10^{-5} (D^2 - d^2)$
4	Чистовая подрезка торца $Rz = 2,5$	$5,2 \cdot 10^{-5} (D^2 - d^2)$
5	Отрезание резцом	$1,9 \cdot 10^{-4} D^2$
6	Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$6,3 \cdot 10^{-4} (D^2 - d^2)$
7	Шлифование черновое по <i>IT11</i>	$7 \cdot 10^{-5} dl$
8	Шлифование чистовое предварительное по <i>IT9</i>	$1 \cdot 10^{-4} dl$
9	Шлифование чистовое окончательное по <i>IT6-7</i>	$1,5 \cdot 10^{-4} dl$
10	Растачивание отверстий на токарном станке	$1,8 \cdot 10^{-4} dl$
11	Сверление отверстий	$5,2 \cdot 10^{-4} dl$
12	Рассверливание отверстий $d = 20...60$	$3,1 \cdot 10^{-4} dl$
13	Зенкерование	$2,1 \cdot 10^{-4} dl$
14	Развертывание черновое	$4,3 \cdot 10^{-4} dl$
15	Развертывание чистовое	$8,6 \cdot 10^{-4} dl$
16	Внутреннее шлифование отверстий по <i>IT9-10</i>	$15 \cdot 10^{-4} dl$
17	Внутреннее шлифование отверстий по <i>IT7</i>	$18 \cdot 10^{-4} dl$
18	Черновое растачивание отверстий за один проход $Rz = 80$	$2 \cdot 10^{-4} dl$
19	Черновое растачивание под развертку	$3 \cdot 10^{-4} dl$
20	Развертывание плавающей разверткой по <i>IT = 9</i>	$2,7 \cdot 10^{-4} dl$
21	Развертывание плавающей разверткой по <i>IT7</i>	$5,2 \cdot 10^{-4} dl$
22	Протягивание отверстий и шпоночных канавок (где $l$ — длина протяжки, мм)	$4 \cdot 10^{-4} dl$
23	Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$6,5 \cdot 10^{-5} Bl$
24	Фрезерование черновое торцевой фрезой: за проход чистовое	$6 \cdot 10^{-3} l$ $4 \cdot 10^{-3} l$
25	Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$7 \cdot 10^{-3} l$
26	Шлифование плоскостей торцом круга	$2,5 \cdot 10^{-3} l$
27	Фрезерование зубьев червячной фрезой ( $D = 80...300$ )	$2,2 \cdot 10^{-3} Db$

№ п/п	Метод обработки	Расчетная формула $T_o$ , мин
28	Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$9 \cdot 10^{-3} lz$
29	Шлицешлифование	$4,6 \cdot 10^{-3} lz$
30	Нарезание резьбы по валу ( $d = 32...120$ )	$1,9 \cdot 10^{-2} dl$
31	Нарезание резьбы метчиком ( $d = 10...24$ )	$4 \cdot 10^{-4} dl$
Штучное время определяется по формуле $T_{шт.} = \varphi_k T_o$		

- Примечания: 1. В формулах номера позиций 1 – 21:  $d$  – диаметр, мм;  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;  $D$  – диаметр обрабатываемого торца, мм;  $(D - d)$  – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца, мм.  
 2. В формулах 22 – 26:  $B$  – ширина обрабатываемой поверхности, мм.  
 3. В формулах 27 – 29:  $l$  – длина шлицевого валика, мм;  $z$  – число шлицев.  
 4. В формулах 30 – 31:  $d$  – диаметр резьбы, мм;  $l$  – длина резьбы, мм.

Таблица 1.3. Коэффициент  $\varphi_k$ , учитывающий вспомогательное время на выполнение операции

Виды станков	Производство	
	единичное и мелкосерийное	крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	—	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	—
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	—
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

Величина коэффициента серийности позволяет выбрать тип производства, пользуясь табл. 1.4.

Таблица 1.4. Оценка типа производства по коэффициенту серийности

Тип производства	$K_{сер}$
Массовое	До 3
Серийное:	
крупно-серийное	3...5
средне-серийное	5...20
мелко-серийное	20...40
Индивидуальное	Более 40

Если подсчеты  $K_{сер}$  показывают, что должно быть выбрано серийное производство, то дополнительно подсчитывают количество деталей в партии  $m_n$ , т. е. количество деталей, одновременно запускаемых в производство, по формуле

$$n_n = \frac{Nt}{\Phi}, \quad (1.7)$$

где  $N$  и  $\Phi$  — величины в формулах (1.1) и (1.2);  $t$  — количество дней запаса деталей, одновременно хранящихся на складе и обеспечивающих бесперебойную работу сборочного участка.

Считаются достаточными следующие величины дней запаса: для крупных деталей  $t = 2 - 3$  дня, для средних —  $t = 5$  дней, для мелких —  $t = 10 - 30$  дней (меньшие значения  $t$  рекомендуется выбирать для крупносерийного производства, большие — для мелкосерийного).

## 1.2. Классификация, система обозначения и режимы резания металлорежущих станков

*Станок* — машина для обработки различных материалов. *Металлорежущий станок* — машина, предназначенная для обработки металлических материалов резанием. Основная классификация металлорежущих станков построена по технологическим признакам (табл. 1.5). В каждую из *девяти групп* внесены станки по определенному характерному признаку. Каждую группу подразделяют на *девять типов*, характеризующих назначение станков, их компоновку, степень автоматизации или вид применяемого инструмента.

Дополнительно станки можно классифицировать по следующим признакам:

- по степени универсальности — *специальные*, *специализированные*, *универсальные* и *широкоуниверсальные*. *Специальные станки* предназначены для обработки заготовок одного типоразмера (зачастую одной поверхности); *специализированные* — для обработки заготовок, сходных по конфигурации, но с разными в некотором диапазоне размерами; *универсальные* — для выполнения значительного числа операций при обработке разнообразных заготовок; *широкоуниверсальные* — для обработки заготовок особенно большого диапазона работ;

- по степени автоматизации станки делят на *автоматы*, *полуавтоматы* и *станки с ручным управлением*. В *автоматах* все основные и вспомогательные движения, необходимые для технологического цикла обработки заготовок, осуществляются без вмешательства человека; в *полуавтоматах* весь цикл обработки производится автоматически, но для установки заготовок, пуска станка и снятия деталей необходимо вмешательство станочника.

*Станок с ручным управлением* — это, как правило, механизированный станок, который может обладать *только одной* автоматической функцией (зажим заготовок или подача инструмента).

В зависимости от веса станки разделяют на *легкие* (до 10 кН), *средние* (до 100 кН), *тяжелые* и *особо тяжелые* (уникальные) — свыше 100 кН. В зависимости от расположения шпинделя различают станки с *вертикальным*, *горизонтальным* и *наклонным расположением шпинделя*.

Важнейшей характеристикой каждого станка является его геометрическая точность. Допустимые значения норм точности станков и методы их проверки указаны в паспортах. Геометрические неточности отдельных деталей стан-

Т а б л и ц а 1.5. Классификация металлорежущих станков

Группа станков	Шифр группы	Шифр типа								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы		Координатно-расточные	Карусельные	Токарно-винторезные, токарные и ленточные	Многорезные	Специализированные	Разные токарные	
		одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы:		Сверлильно-отрезные	Радиально-сверлильные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные и центральные	Разные сверлильные и расточные	
			одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные и доводочные	3	Кругло-шлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и полировочные	Разные станки, работающие абразивами
Станки для электро-физико-химической обработки; комбинированные	4	Универсальные	Полуавтоматы	Автоматы	Электрохимические	Электроискровые	—	Электроэрозионные, ультразвуковые	Анодно-механические	—
Зубо- и резьбообработывающие	5	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес	Зубофрезерные для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообработывающие
Фрезерные	6	Вертикальные	Непрерывного действия	Продольно-фрезерные одностоенные	Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконтактные	Продольно-фрезерные двухстоенные	Широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные



Строгальные, долбежные и протяжные	7	Продольно-строгальные		Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные		—	Разные строгальные
		одностоечные	двухстоечные			для внутреннего протягивания	для наружного протягивания		
Разрезные	8	Отрезные, работающие		Правильноотрезные	Ленточные пилы	Ножовочные пилы		—	—
		токарным резцом	абразивным кругом			Дисковые пилы	Ножовочные пилы		
Разные	9	Муфто-трубообрабатывающие	Пилонасекательные	—	Для испытания инструмента	Делительные машины	Балансировочные	—	—

ка вызывают погрешности размеров, форм и взаимного расположения обрабатываемых на нем поверхностей изделия.

В зависимости от точности выполняемых работ станки подразделяют на пять классов: *нормальной* (Н); *повышенной* (П), *высокой* (В), *особо высокой* (А) точности и *прецизионные* (С).

Использование классификации, согласно табл. 1.5, позволяет записать модель станка в виде определенного набора цифр и букв. Первая цифра обозначает номер группы, вторая — тип, последующие одна или две цифры характеризуют какой-либо отличительный параметр. Буква, стоящая после первой цифры, указывает на модернизацию основной базовой модели станка, а буквы в конце определяют модификацию (класс точности, систему управления и др.). В станках с программным управлением в обозначение вводят индексы Ц, Т, Ф1...Ф4, которые указывают, что этот станок с *цикловой* (Ц) или *оперативной* (Т) системами, с *цикловой индексацией* и *преднабором координат* (Ф1), с *позиционной* и *прямоугольной* (Ф2), *контурной* (Ф3) и *универсальной* (Ф4) системами. Иногда станкостроительные заводы отступают от этой классификации, но каждому заводу присвоен свой индекс из одной или двух букв, после которого проставляется порядковый номер модели станка.

*Классификация станочных систем* строится на классификации металлорежущих станков на основе их специализации и возможности встраивания в автоматические линии или станочные системы любой сложности.

При изучении действующих и создании новых станков и станочных систем нужно знать, какие поверхности на них обрабатывают. Все многообразие геометрических, внутренних и наружных поверхностей можно разделить на следующие классы: *плоские, вращения, винтовые, зубчатые* и пр.

На всех металлорежущих станках обработку поверхностей и придания им формы и размеров детали, предусмотренных чертежом, осуществляют согласованием между собой движения инструмента и заготовки. Снятие припусков с заготовки может быть реализовано путем перемещения инструмента относительно заготовки, заготовки относительно инструмента, одновременным движением инструмента и заготовки.

Механизмы станков сообщают заготовке и режущему инструменту два основных движения: *главное* и *движение подачи*. *Главным* (ГОСТ 25762—83) называют движение, имеющее наибольшую скорость  $v$  резания, а движение, скорость которого определяет величину подачи, — *движением подачи*  $s$ . В токарных, фрезерных, сверлильных и расточных станках главное движение — вращательное, в строгальных, долбежных — возвратно-поступательное.

*Скорость резания*  $v$  (м/с или м/мин) — перемещение в единицу времени произвольной точки, взятой на активной части главной режущей кромки, относительно обрабатываемой поверхности заготовки.

*Подача* — перемещение режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в единицу времени. При токарной обработке различают *оборотную подачу*  $S_0$ , мм/об, т. е. перемещение режущей кромки инструмента за один оборот заготовки и *минутную подачу*  $S$ , мм/мин, т. е. перемещение за 1 мин. При этом  $S = 60S_0n$ , где  $n$  — частота вращения шпинделя,  $s^{-1}$ .

Обозначение осей координат и направлений движений рабочих органов в станках связывают с ориентацией обрабатываемой заготовки и инструмента.

За основу при программировании операции обработки принимают перемещение инструмента относительно системы координат неподвижной заготовки, оси которой параллельны прямолинейным перемещениям рабочих органов станков. В качестве примера на рис. 1.1 показано обозначение осей координат и положительные направления вращения при программировании в станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Ось  $Z$  принимается параллельной оси шпинделя. Движение по оси  $Z$  в положительном направлении соответствует направлению отвода инструмента от заготовки. Ось  $X$  принимается параллельной поперечным направляющим. Положительное движение по оси  $X$  соответствует отводу инструмента, установленного на главном резцедержателе поперечных салазок, от оси вращения заготовки. Буквами  $A$ ,  $B$  и  $C$  обозначают вращательные движения относительно осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно и осей, параллельных им.

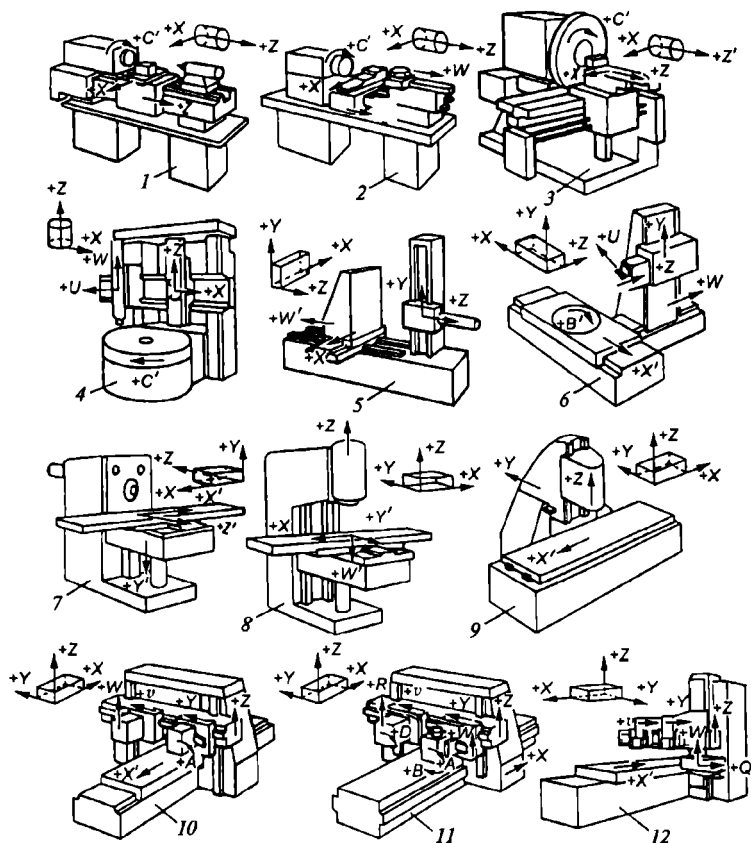


Рис. 1.1. Обозначение осей координат и направлений движения рабочих органов в станках с ЧПУ:

1 — токарно-винторезный; 2 — токарно-револьверный; 3 — лоботокарный; 4 — токарно-карусельный; 5, 6 — горизонтально-расточные; 7 — консольно-фрезерный горизонтальный; 8 — консольно-фрезерный вертикальный; 9 — продольно-фрезерный с подвижным порталом; 10 — одно-, двухстоечный; 11 — продольно-фрезерный с подвижным порталом; 12 — одностоечный продольно-строгальный

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования. Обычно режимы резания устанавливают в следующем порядке: *глубину резания*  $t$  при черновой (предварительной) обработке назначают по возможности максимальную, равную всему припуску на обработку или его большей части, при чистовой (окончательной) обработке — в зависимости от требований точности размеров и параметра шероховатости обработанной поверхности. *Подачу*  $S$  при черновой обработке выбирают максимально возможную, исходя из жесткости и прочности упругой технологической системы, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов, при чистовой обработке — в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

*Скорость резания*  $v$  рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки.

Для осуществления оптимальных режимов резания станки оснащают механизмами регулирования частоты вращения валов и шпинделей, величины подачи столов и суппортов в определенных диапазонах. Различают три способа регулирования частоты вращения: *бесступенчатый*, *ступенчатый* и *комбинированный*. В первом случае может быть получена любая величина скорости в заданном диапазоне, во втором — ряд определенных значений регулируемого параметра в заданном диапазоне. Чтобы иметь возможность обрабатывать детали любого диаметра в заданных пределах с оптимальной скоростью резания, необходимо бесступенчатое (плавное) регулирование частоты вращения шпинделя, которое достигается применением соответствующего привода (механического, электрического или гидравлического). Однако еще не разработаны экономически выгодные способы бесступенчатого регулирования для всех областей станкостроения, поэтому современные станки имеют в большинстве случаев приводы со ступенчатым рядом чисел оборотов. Механизмы, осуществляющие ступенчатое регулирование, надежны в эксплуатации и имеют наибольшее распространение. В станках с ЧПУ в настоящее время все большее распространение получает комбинированный способ регулирования частоты вращения.

*Скорость вращения* для станков с вращательным главным движением зависит от частоты вращения шпинделя и диаметра обрабатываемой поверхности:

$$V = \frac{\pi d n}{1000}, \quad (1.8)$$

где  $d$  — диаметр обрабатываемой поверхности, мм;  $n$  — частота вращения шпинделя,  $\text{с}^{-1}$ .

Если  $v_{\min}$  и  $v_{\max}$  — минимальная и максимальная скорости резания, м/с;  $d_{\min}$  и  $d_{\max}$  — наименьший и наибольший диаметры обрабатываемой заготовки, то пределы регулирования частот вращения шпинделя должны удовлетворять равенствам

$$n_{\min} = \frac{1000V_{\min}}{\pi d_{\max}}; \quad n_{\max} = \frac{1000V_{\max}}{\pi d_{\min}}. \quad (1.9)$$

Отношение предельных значений частот вращения называют *диапазоном регулирования*:

$$D_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}. \quad (1.10)$$

У станков с прямолинейным движением рабочий орган совершает рабочий ход, когда осуществляется процесс резания, и обратный (холостой) ход, когда движущаяся часть станка возвращается в исходное положение. Рабочий и обратный ходы составляют *двойной ход*.

*Время одного двойного хода составляет*

$$t_{\text{дв.х}} = t_p + t_o = \frac{L}{1000v_p} + \frac{L}{1000v_o} = \frac{L}{1000} \cdot \frac{v_p + v_o}{v_p \cdot v_o}, \quad (1.11)$$

где  $v_p, v_o$  — скорости рабочего (прямого) и обратного ходов рабочего органа, м/мин;  $t_p, t_o$  — среднее время прямого и обратного ходов, мин;  $L$  — длина хода, мм.

Отсюда *число двойных ходов*

$$n_{\text{дв.х}} = \frac{1}{t_{\text{дв.х}}} = \frac{1000}{L} \cdot \frac{v_p \cdot v_o}{v_p + v_o}. \quad (1.12)$$

Отношение максимального числа двойных ходов к минимальному определяет *диапазон двойных ходов*, или *диапазон регулирования*:

$$D_{\text{дв.х}} = \frac{n_{\max \text{ дв.х}}}{n_{\min \text{ дв.х}}} = D_v \cdot D_L, \quad (1.13)$$

где  $n_{\max \text{ дв.х}}$  и  $n_{\min \text{ дв.х}}$  — максимальное и минимальное числа двойных ходов в мин;  $D_v$  и  $D_L$  — диапазон рабочих скоростей и диапазон длин рабочих ходов соответственно.

При рассмотрении всего множества обрабатываемых деталей и используемых технологических процессов также устанавливают *диапазон регулирования скоростей подачи*.

*Диапазон регулирования минутной подачи равен*

$$D_S = \frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{Hn_{\max}}{Hn_{\min}} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}, \quad (1.14)$$

где  $H$  — ход кинематической пары, преобразующей вращательное движение в поступательное;  $H = kp$  — для кинематической пары *винт—гайка*,  $H = tz$  — для кинематической пары *рейка—шестерня*;  $k$  — число заходов;  $p$  — шаг винта;  $t$  — модуль;  $z$  — число зубьев реечного колеса.

*Диапазон регулирования подачи за один оборот*

$$D_S = \frac{S_{\max}}{S_{\min}}. \quad (1.15)$$

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)