

Б.И. ЧЕРПАКОВ, Л.И. ВЕРЕИНА

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНИК

*Рекомендовано
Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы среднего профессионального
образования по специальности 151901
«Технология машиностроения»*

*Регистрационный номер рецензии 457
от 04 октября 2010 г. ФГУ «ФИРО»*

4-е издание, переработанное



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 621.9.06(075.32)
ББК 34.4я723
Ч-45

Рецензенты:

профессор кафедры «Технология машиностроения» МГТУ «Станкин»,
д-р техн. наук В. А. Тимирязев;
преподаватель ГОУ «Мытищинский машиностроительный
техникум-предприятие» В. А. Базлов

Черпаков Б. И.

Ч-45 Технологическое оборудование машиностроительного производства : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б. И. Черпаков, Л. И. Вереина. — 4-е изд., перераб. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 448 с.
ISBN 978-5-7695-8713-9

Приведены сведения о классификации, особенностях управления и показателях технического уровня металлорежущих станков и роботизированных технологических комплексов. Рассмотрены их типовые узлы и механизмы. Описаны принцип действия, кинематика, конструкции станков основных групп с ручным и программным управлением. Изложены тенденции развития металлорежущих станков. Даны рекомендации по эксплуатации различного технологического оборудования в составе станочных систем.

Учебник может быть использован при изучении общепрофессиональной дисциплины ОП.07 «Технологическое оборудование» в соответствии с ФГОС СПО для специальности 151901 «Технология машиностроения».

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.9.06(075.32)
ББК 34.4я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Вереина Л. И., 2005
© Вереина Л. И., 2012, с изменениями
© Черпакова И. М. (наследница автора Черпакова Б. И.), 2012
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
ISBN 978-5-7695-8713-9 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Уважаемый читатель!

Данный учебник предназначен для изучения предмета «Технологическое оборудование» и является частью учебно-методического комплекта по специальности «Технология машиностроения».

Учебно-методический комплект по специальности — это основная и дополнительная литература, позволяющая освоить специальность, получить профильные базовые знания. Комплект состоит из модулей, сформированных в соответствии с учебным планом, каждый из которых включает в себя учебник и дополняющие его учебные издания — лабораторный практикум, курсовое проектирование, плакаты, справочники и многое другое. Модуль полностью обеспечивает изучение каждой дисциплины, входящей в учебную программу. Все учебно-методические комплекты разработаны на основе единого подхода к структуре изложения учебного материала.

Важно отметить, что разработанные модули дисциплин, входящие в учебно-методический комплект, имеют самостоятельную ценность и могут быть использованы при выстраивании учебно-методического обеспечения образовательных программ обучения по смежным специальностям.

При разработке учебно-методического комплекта учитывались требования Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Предисловие

Основное внимание в учебнике уделено станочному технологическому оборудованию, которое является своего рода ядром любого машиностроительного производства, определяющим его технический уровень и качество выпускаемой продукции.

Современный металлообрабатывающий станок — это высоко-развитая технологическая машина, оснащенная различными устройствами: механическими, электрическими, гидравлическими, пневматическими и электронными. В учебнике рассматриваются особенности конструкций станков различных технологических групп, приводятся описания их кинематических схем, излагаются принципы управления станками, анализируется работа основных узлов и механизмов.

Стремясь более полно отразить в учебнике последние достижения в области станкостроения, авторы в своей работе опирались на нормативно-технические материалы и стандарты, широко использовали каталоги-проспекты отечественных предприятий и зарубежных фирм.

Учебник построен на основе системного подхода к изучению металлообрабатывающих станков.

В первой главе рассматриваются общие сведения о металлорежущих станках (классификация, системы управления, показатели технического уровня), во второй — их типовые механизмы и узлы (муфты, реверсивные механизмы; различные передачи; шпиндельные узлы и базовые детали; коробки скоростей и подач; устройства числового программного управления; мехатронные узлы).

В главах с третьей по тринадцатую описываются конструкции, принцип действия и кинематика станков различных групп (с ручным и числовым программным управлением): токарных, сверльно-расточных, фрезерных, строгально-протяжных, шлифовальных, зубо- и резьбообрабатывающих.

Станкам с высоким уровнем автоматизации посвящены десятая, одиннадцатая и двенадцатая главы. Принципы агрегатирования станков излагаются в одиннадцатой главе; здесь же приводятся различные компоновки агрегатных станков, конструкции их

силовых головок и столов, рассматриваются современные агрегатные станки с ЧПУ со сменными шпиндельными головками. Двенадцатая глава содержит сведения о роботизированных технологических комплексах. Более подробно автоматизированное станочное оборудование и станочные системы представлены в учебнике [25].

В тринадцатой главе излагаются тенденции развития металло-режущих станков.

Вопросам эксплуатации станочного технологического оборудования посвящены четырнадцатая и пятнадцатая главы учебника. Перспективы использования информационных технологий при создании и эксплуатации оборудования раскрываются в шестнадцатой главе.

В целях расширения и углубления знаний студентов учебник снабжен списком литературы, освещающей различные аспекты создания и эксплуатации металлообрабатывающих станков.

Пятая глава написана при участии канд. техн. наук Я.М. Ашкиназия.

В работе используются следующие основные сокращения:

- АКС — автоматическая коробка скоростей;
- АСИ — автоматическая смена инструмента;
- АЛУ — арифметико-логическое устройство;
- ГПМ — гибкий производственный модуль;
- ГПС — гибкая производственная система;
- МС — многоцелевой станок;
- ОЗУ — оперативное запоминающее устройство;
- ПЗУ — постоянное запоминающее устройство;
- ПК — программируемый контроллер;
- ПР — промышленный робот;
- ПЭВМ — персональная ЭВМ;
- РВ — распределительный вал;
- РГ — револьверная головка;
- РТК — роботизированный технологический комплекс;
- СОЖ — смазочно-охлаждающая жидкость;
- УЦПУ — устройство циклового программного управления;
- УЧПУ — устройство числового программного управления;
- ЦПУ — цикловое программное управление;
- ЧПУ — числовое программное управление;
- ШВП — шариковая винтовая пара;
- ЭА — электроавтоматика;
- ЭВМ — электронно-вычислительная машина.

Под **технологическим оборудованием** понимается оборудование, предназначенное для выполнения различных технологических операций (заготовительных, обрабатывающих, отделочных (финишных), лакокрасочных, термических и т.д.), необходимых для получения изделия требуемой точности и качества.

На машиностроительном предприятии эксплуатируется различное технологическое оборудование: металлорежущие станки и контрольно-сортировочные автоматы, кузнечно-прессовое оборудование и литейные машины, промышленные роботы и автоматизированные склады, автоматические линии и координатно-измерительные машины, а также транспортное оборудование, многоцелевые станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и др. Разнообразие технологического оборудования не позволяет охватить все его виды в одном учебнике, поэтому здесь будет рассмотрено оборудование, которое в первую очередь необходимо изучить технологам, — металлорежущие станки с ручным и программным управлением, многоцелевые и агрегатные станки, роботизированные технологические комплексы.

За последние 80 лет металлорежущие станки претерпели большие изменения. Зародившись в далекую эпоху, когда человек начал механизировать обработку камня и кости на примитивных токарных станках, они превратились в автономно работающий комплекс, управляемый системами ЧПУ и ЭВМ. В начале XVIII в. в Европе появились первые станки, изготовленные из металла, причем работающий на нем человек приводил во вращение шпиндель с помощью ножной педали через ременную передачу.

С развитием техники ручной и ножной привода главного движения были заменены электромашинным, гидравлическим и др. Через цех под потолком проходил длинный вал (трансмиссия), от которого через ременные передачи передавалось вращение всем станкам, находящимся в цехе. Шпиндель станка имел несколько ступеней вращения, так как на нем были закреплены шкивы разных диаметров.

В России станкостроение возникло в начале XVIII в. Токарь Петра I Андрей Нартов (впоследствии ставший академиком Российской Академии наук) построил ряд металлорежущих станков, в том числе первый токарно-копировальный автомат. Солдат Яков Батищев создал 12- и 24-шпиндельные станки для обработки ружейных стволов. М.В.Ломоносов сконструировал токарный станок для обработки сферических металлических зеркал. Русские самоучки Лев Собакин, Алексей Сурнин и многие другие обогатили технику того времени станками новых типов.

Становление станкостроения как отрасли промышленности в нашей стране относится к 30-м годам XX в., когда были введены в строй Московский станкостроительный завод им. С.Орджоникидзе (1932 г.), Московский завод «Станкоконструкция» (1934 г.), Тбилисский станкостроительный завод и Саратовский завод тяжелых зуборезных станков (1935 г.), Киевский завод станков-автоматов (1936 г.), Краматорский завод тяжелого станкостроения (1939 г.). Большим событием того времени было создание в 1933 г. первого отраслевого института — Экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС). К тем годам относятся первые выпуски в Московском высшем техническом училище (МВТУ) им. Н.Э.Баумана инженеров — специалистов в области станкостроения, тогда же был открыт Московский станкоинструментальный институт, готовивший высококвалифицированные кадры для развивающейся отрасли машиностроения.

Переход к новым экономическим отношениям в 80—90-х гг. XX в. изменил облик промышленности, особенно металлообрабатывающей. Образовалось много небольших предприятий с различной формой собственности.

Современные экономические условия предъявляют высокие требования к квалификации инженеров, техников и рабочих, создающих и обслуживающих технологическое оборудование, так как продукция российских заводов должна быть конкурентоспособной на мировом рынке.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ

Металлорежущий станок — это технологическая машина, предназначенная для обработки материалов резанием с целью получения деталей заданной формы и размеров (с требуемыми точностью и качеством обработанной поверхности). На станках обрабатывают заготовки не только из металла, но и из других материалов, поэтому термин «металлорежущий станок» является условным.

Станки классифицируют по различным признакам, основные из которых приведены ниже.

По виду выполняемых работ металлорежущие станки (в соответствии с классификацией ЭНИМСа) распределены по девяти группам, каждая из которых подразделяется на девять типов, объединенных общими технологическими признаками и конструктивными особенностями (табл. 1.1).

Моделям станков, выпускаемых серийно, присваивают цифровое или цифробуквенное обозначение. Как правило, обозначение состоит из трех-четырех цифр и одной-двух букв.

Первая цифра — это номер группы, к которой относится станок, вторая — номер типа станка, третья и четвертая характеризуют один из главных параметров станка или обрабатываемой на нем детали (например, высоту центров, диаметр прутка, размеры стола и т.п.). Буква после первой или второй цифры указывает, что станок модернизирован, буква, стоящая после цифр, обозначает модификацию (видоизменение) базовой модели станка. Например, модель 7А36 означает: 7 — строгально-протяжная группа, 3 — поперечно-строгальный, 6 — максимальная длина обрабатываемой детали 600 мм, буква А указывает на модернизацию станка базовой модели 736.

Если буква стоит в конце обозначения модели, то она указывает на класс точности станка, например 16К20П — это станок повышенного класса точности; нормальный класс точности в наименовании модели не указывается.

В моделях станков с ЧПУ последние два знака — буква Ф с цифрой (1 — станок с цифровой индикацией и предварительным набором координат; 2 — с позиционной системой управления; 3 — с контурной системой управления; 4 — с комбинированной системой управления для позиционной и контурной обработки). Например, зубофрезерный полуавтомат с комбинированной системой ЧПУ — модель 53А20Ф4, вертикально-фрезерный станок с крестовым столом и устройством цифровой индикации — модель 6560Ф1.

В конце обозначения модели станков с цикловыми системами управления ставят букву Ц, а с оперативной системой управления — букву Т. Например: токарный многорезцово-копировальный полуавтомат с цикловым программным управлением — модель 1713Ц; токарный станок с оперативной системой управления — модель 16К20Т1.

Наличие в станке инструментального магазина отображается в обозначении модели буквой М; например, сверлильный станок с позиционной системой программного управления повышенной точности с инструментальным магазином — модель 2350ПМФ2.

По степени универсальности станки подразделяют на универсальные, специализированные и специальные.

Универсальные станки предназначены для обработки деталей широкой номенклатуры в единичном и мелкосерийном производстве. Для этих станков характерен широкий диапазон регулирования скоростей и подач. К универсальным станкам относятся токарные, токарно-винторезные, токарно-револьверные, сверлильные, фрезерные, строгальные и др. (как с ручным управлением, так и с ЧПУ).

Специализированные станки используют для обработки деталей одного наименования, но разных размеров. К ним относятся станки для обработки труб, муфт, коленчатых валов, а также зубо- и резьбообрабатывающие, токарно-затыловочные и др. Для специализированных станков характерна быстрая переналадка сменных устройств и приспособлений; они применяются в серийном и крупносерийном производстве.

Специальные станки служат для обработки детали одного наименования и размера; их применяют в крупносерийном и массовом производстве.

Таблица 1.1. Классификация металлообрабатывающих станков

Наименование	Группа	Тип станка			
		1	2	3	4
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы		Токарно-револьверные	Сверильно-отрезные
		одношпиндельные	многошпиндельные		
Сверильные и расточные	2	Настольно- и вертикально-сверильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные
			одношпиндельные	многошпиндельные	
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные
Электрофизические и электрохимические	4	—	Светолучевые	—	Электрохимические
Зубо- и резбообрабатывающие	5	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для нарезания	
				цилиндрических колес и шлицевых валов	червячных колес
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные, консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные
		одностоечные	двухстоечные		
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные			Правильно-отрезные
		токарным резцом	шлифовальным кругом	гладким или насеченным диском	
Разные	9	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентрово-обдирочные	—

Тип станка				
5	6	7	8	9
Карусельные	Токарно-винторезные, токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Радиально- и координатно-сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, работающие абразивом
Электроискровые	—	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	—
Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Широкоуниверсальные фрезерные инструментальные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания		—	Разные строгальные
	внутреннего	наружного		
Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	—	—
Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	—	—

В обозначение специализированных и специальных станков перед номером модели вводят индекс завода-изготовителя из одной или двух букв. Так, Егорьевский станкостроительный завод имеет индекс ЕЗ, станкостроительный завод «Красный пролетарий» — МК, например специализированный токарный станок для обработки дисков памяти ЭВМ — модель МК 65-11.

По степени точности обработки станки делят на пять классов:

Н — **нормальной** точности; к этому классу относится большинство универсальных станков;

П — **повышенной** точности; станки данного класса изготавливают на базе станков нормальной точности, но требования к точности обработки ответственных деталей станка, качеству сборки и регулированию значительно выше;

В — **высокой** точности, достигаемой благодаря использованию специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулированию станка в целом;

А — **особо высокой** точности; для этих станков предъявляются еще более жесткие требования, чем для станков класса В;

С — **особо точные**, или мастер-станки, на них изготавливают детали для станков классов точности В и А.

Станки классов точности В, А и С называют прецизионными (от фр. *précision* — точность). Эти станки желательно эксплуатировать в термоконстантных цехах, температура и влажность в которых регулируется автоматически.

В зависимости от массы станки подразделяют на **легкие** — массой до 1 т, **средние** — до 10 т и **тяжелые** — свыше 10 т. В свою очередь тяжелые станки делят на крупные (до 30 т), собственно тяжелые (до 100 т) и уникальные (свыше 100 т).

По степени автоматизации различают станки с ручным управлением, полуавтоматы и автоматы. В **станках с ручным управлением** пуск и останов станка, переключение скоростей и подач, подвод и отвод инструментов, загрузку станка заготовками и разгрузку обработанных деталей и другие вспомогательные операции выполняет рабочий.

Полуавтомат — станок, работающий по автоматическому циклу, для повторения которого требуется вмешательство рабочего. Так, рабочий вручную устанавливает на станок заготовку и снимает обработанную деталь, после чего включает станок для повторения цикла. (Под циклом понимают промежуток времени от начала до конца периодически повторяющейся операции независимо от числа одновременно обрабатываемых заготовок.)

В **автомате** все рабочие и вспомогательные движения, необходимые для выполнения цикла технологической операции, осуществляются без участия рабочего, который лишь наблюдает за тем, как функционирует станок, контролирует качество обработки и при необходимости поднастраивает станок, т.е. регулирует его для восстановления достигнутых при первоначальной наладке точности взаимного расположения инструмента и заготовки, а также качества обрабатываемой детали.

По расположению шпинделя станки делят на **горизонтальные, вертикальные и наклонные**.

По степени концентрации операций станки подразделяют на одно- и многопозиционные.

Концентрация операции — это возможность одновременной обработки на станке различных поверхностей заготовки многими инструментами. На **однопозиционных многоинструментальных** станках несколько режущих инструментов одновременно обрабатывают различные поверхности одной заготовки, на **многопозиционных** одновременно обрабатывают от двух и более заготовок.

Особую группу составляют комбинированные станки, например токарно-шлифовальные, строгально-фрезерные, строгально-шлифовальные.

1.2. РАЗМЕРНЫЕ РЯДЫ СТАНКОВ

Для большинства станков стандартами установлены основные (главные) параметры, характеризующие размеры обрабатываемых деталей или размеры самого станка. Совокупность численных значений этих параметров (от наименьшего до наибольшего) образует **размерный ряд** станков одного типа, т.е. подобных по конструкции, кинематической схеме и внешнему виду.

Конструкция станков размерного ряда состоит в основном из унифицированных узлов, одинаковых или подобных, что облегчает конструирование, изготовление и эксплуатацию станков, а также способствует удешевлению их производства.

Размерные ряды станков строят по принципу геометрической прогрессии, в которой главный параметр станка является членом ряда.

В табл. 1.2 представлены размерные ряды металлорежущих станков основных технологических групп.

Таблица 1.2. Размерные ряды металлорежущих станков основных технологических групп

Технологическая группа металлорежущих станков	Главный параметр	Пределы изменения главного параметра станка, мм	Знаменатель размерного ряда
Токарно-винторезные станки, токарные патронно-центровые и патронные станки	Наибольший диаметр изделия над станиной	125 ... 5 000	$\sqrt[3]{2}$
Токарно-карусельные станки	Наибольший диаметр изделия	1 250 ... 20 000	$\sqrt{2}$
Токарные многшпиндельные прутковые горизонтальные автоматы	Диаметр прутка	12 ... 160	$\sqrt[3]{2}$
Вертикально-сверлильные станки	Наибольший условный диаметр отверстия при сверлении	3 ... 12	2
Координатно-расточные сверлильно-фрезерно-расточные вертикальные станки	Ширина стола	250 ... 2 000	$\sqrt{2}$
Сверлильно-фрезерно-расточные станки	Ширина стола	200 ... 2 000	$\sqrt{2}$
Круглошлифовальные станки	Наибольший диаметр устанавливаемого изделия	100 ... 800	$\sqrt[3]{2}$
Плоскошлифовальные станки	Ширина поверхности стола	160 ... 800	$\sqrt{2}$
Электроэрозионные вырезные станки	Длина вырезаемого контура	160 ... 800	$\sqrt[3]{2}$
Электрохимические копирующе-прошивочные станки	Ширина стола	200 ... 630	$\sqrt[3]{2}$

Технологическая группа металлорежущих станков	Главный параметр	Пределы изменения главного параметра станка, мм	Знаменатель размерного ряда
Зубофрезерные вертикальные полуавтоматы для обработки цилиндрических колес	Наибольший диаметр обрабатываемого зубчатого колеса	80 ... 12 500	$\sqrt[3]{2}$
Фрезерные широкоуниверсальные инструментальные станки	Ширина стола	200 ... 800	$\sqrt[3]{2}$
Продольно-фрезерные станки	Ширина стола	500 ... 4 500	$\sqrt{2}$
Продольно-строгальные станки	Ширина изделия	2 000 ... 3 150	$\sqrt[3]{2}$

При разработке размерных рядов учитывают, что необоснованное расширение номенклатуры выпускаемых станков, сходных по своему назначению, приводит к уменьшению серийности выпуска, возрастанию себестоимости изготовления станков и повышению расходов на их эксплуатацию.

1.3. ДВИЖЕНИЯ В СТАНКАХ

При изготовлении деталей на станках инструмент или заготовка могут выполнять следующие движения: главное, подачи, деления, обкатки, дифференциальное и вспомогательное.

Главное движение резания D_r обеспечивает снятие стружки с заготовки с наибольшей скоростью в процессе резания. Главное движение может быть вращательным и прямолинейным поступательным (рис. 1.1). Это движение может совершать как заготовка, так и режущий инструмент.

В станках токарной группы главным движением является вращение заготовки (рис. 1.1, $a—b$). Частоту вращения n заготовки определяют по формуле

$$n = 10^3 v / (\pi d),$$

где v — скорость резания, м/мин; d — диаметр заготовки, мм.

В сверлильных, фрезерных, шлифовальных, зубофрезерных станках главное движение сообщается режущему инструменту (рис. 1.1, г—к). Частоту его вращения рассчитывают по той же формуле, только вместо диаметра заготовки подставляют диаметр режущего инструмента: сверла ($d_{св}$), фрезы ($d_{фр}$) и шлифовального круга ($d_{ш.к}$).

У долбежных, зубодолбежных, продольно-строгальных, поперечно-строгальных и протяжных станков главным движением является возвратно-поступательное прямолинейное движение. На рис. 1.1, л показана схема обработки поверхности на поперечно-строгальном станке: главное движение совершает режущий инструмент, что характерно и для долбежного, зубодолбежного и протяжного станков. На продольно-строгальном станке главное движение сообщается столу, т.е. заготовке. Скорость резания, т.е. скорость рабочего хода $v_{р.х}$ ползуна или стола, связана с частотой двойных ходов в минуту для долбежных и строгальных станков следующей зависимостью:

$$v_{р.х} = 10^{-3}Ln_{2x}(1 + q),$$

где L — путь, равный сумме длины обработки l и перебегов l_1 и l_2 инструмента: $L = l + l_1 + l_2$; n_{2x} — частота двойных ходов в минуту; q — отношение скорости рабочего хода к скорости холостого хода.

Иногда главное движение получают сложением (вычитанием) двух вращательных движений. Например, в токарных автоматах для получения заданной скорости резания при сверлении отверстия малого диаметра заготовку вращают в одном направлении, а сверло — в другом (рис. 1.1, м). В данном случае скорость резания, м/мин, определится по формуле

$$v = 10^{-3}\pi d_{св}(n_{св} + n_3),$$

где $n_{св}$, n_3 — частота вращения, мин⁻¹, сверла и заготовки соответственно.

Когда необходимо обеспечить невысокую скорость резания, например при нарезании резьбы на токарных автоматах методом обгона (рис. 1.1, н), частота вращения у плашки должна быть больше, чем у заготовки. Скорость резания, м/мин, рассчитывают следующим образом:

$$v = 10^{-3}\pi d_p(n_{пла} - n_3),$$

где d_p — диаметр нарезаемой резьбы, мм; $n_{пла}$, n_3 — частота вращения, мин⁻¹, плашки и заготовки соответственно.

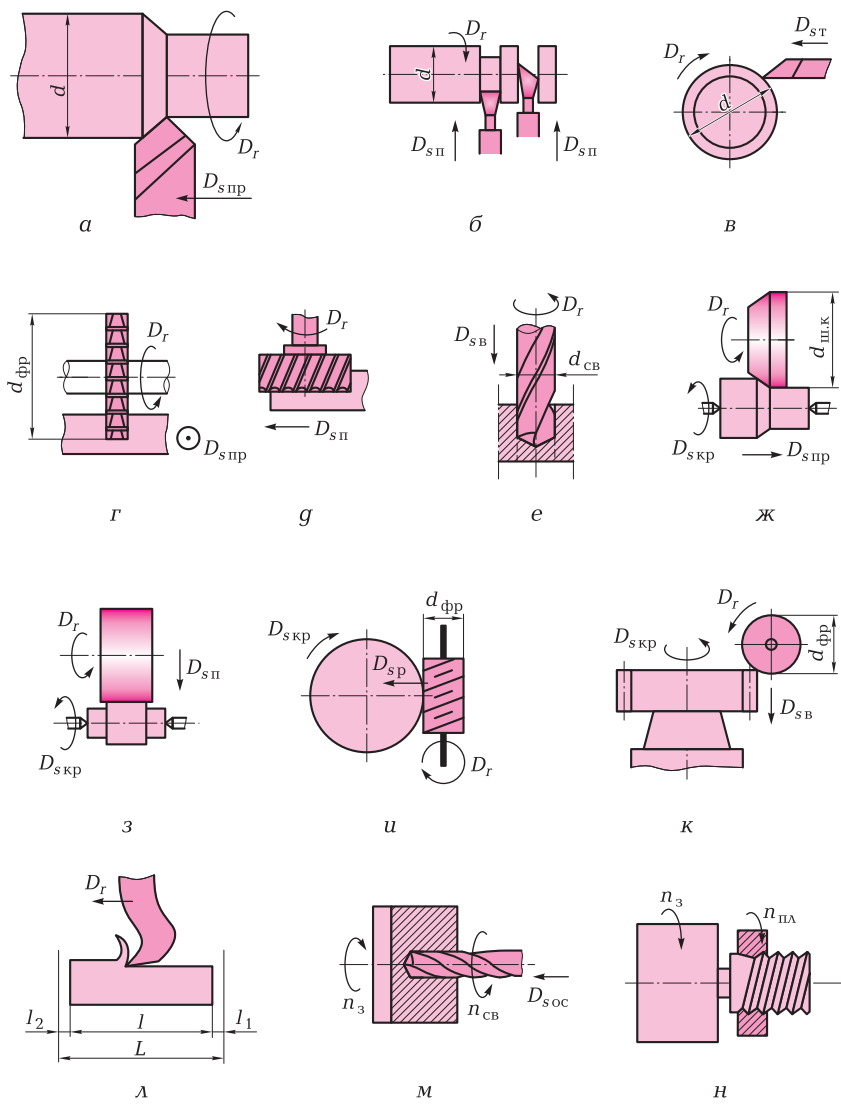


Рис. 1.1. Виды главного движения и движения подачи в токарных (а, б, в), фрезерных (г, д), сверлильных (е), шлифовальных (ж, з), зубофрезерных (и, к), строгальных (л) станках и токарных автоматах (м, н):

D_r — главное движение (движение резания); $D_{спп}$, $D_{спн}$ — продольное и поперечное движения подачи; $D_{св}$, $D_{скп}$ — вертикальное и круговое движения подачи; $D_{ср}$, $D_{соч}$, $D_{сп}$ — движения тангенциальной, осевой и радиальной подачи