

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

А.В. Анцупов,
С.А. Кургузов

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2009

Рецензенты:

*Декан факультета «Экономика и управление»
ГОУ ВПО «МаГУ»,
профессор, доктор педагогических наук,
кандидат технических наук
Е.В. Романов*

*Заведующий кафедрой общетехнических дисциплин
ГОУ ВПО «МаГУ»,
профессор, кандидат технических наук,
В.С. Славин*

Анцупов А.В., Кургузов С.А.

Металлорежущие станки: Учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. 109 с.

Приведены общие сведения о металлорежущих станках, помогающие повысить знания по конструированию и эксплуатации станков и станочных комплексов, в том числе в условиях гибких автоматизированных производств. Представлены материалы дисциплины «Металлорежущие станки».

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения».

УДК 621.9.06

© ГОУ ВПО «МГТУ», 2009

© Анцупов А.В.,
Кургузов С.А., 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ	8
1.1. Классификация металлорежущих станков	8
1.2. Обозначение металлорежущих станков	11
1.3. Методы образования поверхностей деталей машин	12
1.4. Методы образования производящих линий	13
1.5. Классификация движений в металлорежущих станках	15
2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАНКОВ.....	16
2.1. Эффективность	16
2.2. Производительность	16
2.3. Надежность	18
2.4. Гибкость	19
2.5. Точность	20
3. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ	22
3.1. Понятие о кинематической структуре станка	22
3.2. Кинематические схемы металлорежущих станков	23
3.3. Ряды частот вращения	24
4. ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЙ.....	28
4.1. Кинематическая настройка станков	28
4.2. Механизмы для регулирования скорости движения органов станков	28
4.3. Кинематический расчет коробок скоростей.....	31
4.4. Механизмы бесступенчатого регулирования	37
5. ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДАЧ	40
5.1. Типы коробок подач	40
5.2. Уравнение настройки движения подач	43
5.3. Механизмы для получения прерывистых движений.....	43
6. ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ	45
6.1. Корпусные детали.....	45
6.2. Шпиндельные узлы	47
6.3. Передаточные механизмы прямолинейного движения	48
6.4. Реверсивные механизмы	50
6.5. Муфты	52
6.6. Суммирующие механизмы	53
6.7. Тормозные устройства.....	55

6.8. Механизмы и системы управления в металлорежущих станках	55
6.9. Блокировочные устройства, ограничители хода и устройства для предохранения станка от перегрузок	56
7. ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ	59
7.1. Электродвигатели.....	59
7.2. Электродвигатели постоянного тока	62
7.3. Система генератор-электродвигатель	65
8. ГИДРОПРИВОД МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ	67
8.1. Гидронасосы	68
8.2. Распределительная гидроаппаратура	71
8.3. Клапаны.....	72
8.4. Гидроцилиндры и гидромоторы	74
8.5. Регулирование скорости гидропривода	74
9. МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ.....	75
9.1. Токарно-винторезные станки	75
9.2. Лобовые и карусельные станки.....	77
9.3. Сверлильные станки.....	77
9.4. Фрезерные станки.....	79
9.5. Строгальные и долбежные станки	81
9.5.1. Поперечно-строгальные станки.....	81
9.5.2. Продольно-строгальные станки.....	82
9.5.3. Долбежные станки.....	82
9.6. Протяжные станки	83
9.6.1 Горизонтально-протяжные станки	84
9.6.2. Вертикально-протяжные станки	84
9.7. Шлифовальные станки	85
9.7.1. Универсальный плоскошлифовальный станок	85
9.7.2. Универсальный круглошлифовальный станок.....	86
9.7.3. Внутришлифовальные станки	86
9.8. Зубообрабатывающие станки	87
9.8.1. Зубодолбежные полуавтоматы	87
9.8.2. Зубофрезерные станки	88
9.8.3. Зубострогальные станки.....	88
9.8.4. Станки для нарезания конических колёс с криволинейными зубьями.....	89
9.9. Автоматические линии.....	89
9.10. Станки с электрофизическими и электрохимическими методами обработки.....	91
9.10.1. Электроискровые (электроэрозионные) станки	91
9.10.2. Электроимпульсные станки.....	92
9.10.3. Анодно-механические станки	92

9.11. Испытания металлорежущих станков	93
9.11.1. Проверка качества изготовления станков	93
9.11.2. Проверка геометрической точности станков	93
9.11.3. Проверка кинематической точности станков	94
9.11.4. Испытания на жёсткость и виброустойчивость	94
10. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНКОВ	96
10.1. Паспорт металлорежущих станков	96
10.2. Транспортирование оборудования	97
10.3. Установка и закрепление станка на фундаменте	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	98
Приложение 1	99
Приложение 2	105
Приложение 3	109

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является основой научно-технического прогресса в народном хозяйстве любой страны. Развитие машиностроения сопровождается прогрессом в станкостроении, которое позволяет создавать средства для изготовления новых видов оборудования. Технологи-машиностроители находятся на одном из самых ответственных участков всего научно-технического прогресса. Для успешного творческого труда инженеры и машиностроители должны быть хорошо подготовлены в различных областях знаний, чтобы максимально использовать возможности металлорежущего оборудования, достичь высоких показателей качества изготовления деталей и на основе этого повышать эффективность производства.

Российское станкостроение возникло еще в 18 веке. Был построен ряд токарных станков, в том числе копировально-токарных станков для нарезания винтов, для обтачивания цапф орудий, для отрезки прибылей отливок. Были изобретены станки с самоходным суппортом, станки для одновременной обработки 12 и 24 ружейных стволов. Русские самоучки обогатили технику того времени станками новых типов.

В нашей стране станкостроение стало развиваться в начале прошлого столетия. В 1932 г. вступает в строй Московский станкостроительный завод имени Серго Орджоникидзе, в 1934 г. – Московский завод «Станкоконструкция», в 1935 г. – Тбилисский станкостроительный завод им. Кирова и Саратовский завод тяжёлых зуборезных станков, в 1936 г. – Киевский завод станков-автоматов им. Горького, в 1939 г. – Краматорский завод тяжелого станкостроения. В 1933 г. был создан экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков (ЭНИМС). Вскоре был создан отраслевой ВТУЗ – Московский станкоинструментальный институт. Началась подготовка инженеров по металлорежущим станкам в МГТУ им Баумана, в Ленинградском, Киевском политехнических и других институтах.

В период великой отечественной войны большая часть промышленного оборудования была переведена на Урал, в Сибирь. Затем в строй вступили такие станкостроительные заводы, как Коломенский, Новосибирский, Ульяновский, Рязанский, Воронежский, Минский завод автоматических линий и многие другие.

Развитие направлений в проектировании станков, таких как унификация и стандартизация, привело к ускорению процессов разработки и производства металлорежущих станков (МС).

Одной из тенденций прогресса станкостроения стала возможность встраивания их в автоматические линии, увеличение выпуска прецизионных станков.

Развитие вычислительной техники позволило создать системы числового управления металлорежущими станками. Такие станки можно очень быстро перенастраивать на обработку новой, отличной от прежней, партии деталей при разнообразной их номенклатуре. По существу универсальный станок в данном случае является автоматом или полуавтоматом.

Важной задачей современного станкостроения является повышение производительности и увеличение надежности и долговечности металлорежущих станков, а также повышение их точности. Успешному развитию отечественного станкостроения способствует огромная научно-исследовательская работа, проводимая нашими учеными, инженерами и новаторами производства.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

1.1. Классификация металлорежущих станков

Металлорежущими станками называют технологические машины, предназначенные для обработки материалов резанием. Они должны обеспечивать заданные производительность, точность и качество обработанных поверхностей.

Серийно выпускаемые станки классифицируют и обозначают по системе, предложенной ЭНИМС. Согласно этой системы все станки делят на технологические группы в зависимости от характера выполняемых работ (табл. 1).

Первая группа объединяет токарные станки, для которых общим технологическим методом обработки является точение.

Вторая группа состоит из сверлильных и расточных станков, т.е. станков, предназначенных для обработки отверстий.

Третья группа включает шлифовальные, полировальные, доводочные и заточные станки, на которых выполняется абразивная обработка.

В четвертую группу входят комбинированные станки и станки, в которых для удаления материала заготовки используется электрический ток либо явления, связанные с ним (например: электроэрозионные, анодно-механические, ультразвуковые и т.п.).

Пятая группа включает зубо- и резьбообрабатывающие станки, т.е. станки, на которых осуществляется обработка эвольвентных и винтовых поверхностей.

В шестую группу входят фрезерные станки, предназначенные для обработки плоскостей, уступов, пазов и фасонных поверхностей.

Седьмая группа включает строгальные, долбежные и протяжные станки.

Восьмая группа состоит из разрезных станков, предназначенных для резки заготовок различными инструментами.

Девятая группа объединяет станки различного назначения, не вошедшие в предыдущие группы.

Станки каждой группы в зависимости от общих технологических признаков и конструктивных особенностей делят на девять типов. Станки каждого типа наиболее распространенных групп подразделяют на типоразмеры. Совокупность типоразмеров образует размерный ряд. За каждым типоразмером закреплён определённый диапазон изготавливаемых деталей. Этот диапазон характеризуется основным размером рабочего пространства станка. Так, для токарных станков – это максимальный диаметр обрабатываемой поверхности, для фрезерных – размеры стола, для сверлильных – наибольший условный диаметр просверливаемого отверстия и т.д.

Таблица 1

Обозначения моделей металлорежущих станков

Наименование	Группа	Тип станка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	автоматы и полуавтоматы		токарно-револьверные	-	карусельные	токарные и лоботокарные	многолезцовые и копировальные	специализированные	разные токарные
		одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	насто-льно-и вертикально-сверлильные	полуавтоматы		координатно-расточные	радиально-и координатно-сверлильные	расточные	отделочно-расточные	горизонтально-сверлильные	разные
			одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	круглошлифовальные, бесцентровошлифовальные	внутришлифовальные, координатношлифовальные	обдирочношлифовальные	специализированные шлифовальные	продольношлифовальные	заточные	плоскошлифовальные	притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	разные абразивные
Электрофизические и электрохимические	4	-	светолучевые	-	электрохимические	электроискровые	-	электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	анодно-механические	-
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	зуборезные для обработки конических колес	зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	для нарезания червячных колес	для обработки торцов зубьев колес	резьбофрезерные	зубоотделочные, проверочные и обкатные	зубо- и резьбошлифовальные	разные зубо- и резьбообрабатывающие

Обозначения моделей металлорежущих станков

Наименование	Группа	Тип станка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фрезерные	6	вертикально-фрезерные, консольные	Фрезерные непрерывного действия	продольные одностоечные	копировальные и гравировальные	вертикально-фрезерные бесконсольные	продольные двухстоечные	консольно-фрезерные операционные	горизонтально-фрезерные консольные	разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	продольные		поперечно-строгальные	долбежные	протяжные горизонтальные	протяжные в вертикальных для протягивания		-	разные строгальные
		одностоечные	двухстоечные				внутреннего	наружного		
Разрезные	8	отрезные, оснащенные			правильно-отрезные	ленточно-пильные	отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	-	-
		Токарным резцом	шлифовальным кругом	гладким или насеченным диском						
Разные	9	муфто- и трубообрабатывающие	пилонасекательные	правильно- и бесцентровообдирочные	-	для испытания инструментов	делительные машины	балансировочные	-	-

По массе станки разделяют на лёгкие (массой до 1 т), средние (массой 1-10 т), тяжёлые (более 10 т) и уникальные (свыше 100 т). В зависимости от типа производства их проектируют и изготавливают универсальными, специализированными или специальными.

Универсальные станки предназначены для изготовления широкой номенклатуры деталей малыми партиями, их используют в единичном и серийном производствах. Эти станки весьма сложны по конструкции, требуют высококвалифицированного обслуживания.

Специализированные станки используют для изготовления больших партий деталей одного типа (зубчатые колёса, коленчатые валы и т.п.) в среднесерийном и крупносерийном производствах. Они требуют редкой переналадки и поэтому конструктивно проще универсальных.

Специальные станки применяют для обработки одной или нескольких мало различающихся по размерам и форме заготовок в условиях крупносерийного и массового производств. Эти станки обеспечивают наивысшую производительность, просты в наладке и по конструкции.

По точности станки делят на пять классов – нормальной (Н), повышенной (П), высокой (В), особо высокой (А) и особо точные станки (С). Станки классов точности В, А, С обеспечивают требуемую точность изготовления только при эксплуатации их в термоконстантных цехах.

1.2. Обозначение металлорежущих станков

Все серийно выпускаемые станки обозначают по единой системе, связанной с классификацией ЭНИМСа. Согласно этой системе первая цифра в обозначении станка указывает *группу*, вторая – *тип*, следующая за первой или второй цифрами буква означает *уровень модернизации (улучшения)*, далее следуют цифры, характеризующие *основные размеры* рабочего пространства станка. Буквы, стоящие после этих цифр, указывают на *модификацию* или на особые технологические возможности (например, повышенная точность). Так, для станка 16К20П цифра 1 означает токарную группу, 6 – токарно-винторезный тип, буква К указывает на очередную (соответствующую месту буквы в алфавите) модернизацию базовой модели, 20 – высота центров (200 мм), П – повышенная точность.

Для станков с программным управлением (ПУ) в обозначение добавляют букву Ф с цифрой: Ф1 – станки с предварительным набором координат и цифровой индикацией; Ф2 – с позиционной системой числового программного обеспечения (ЧПУ); Ф3 – с контур-

ной системой ЧПУ (например 16К20ПФЗ); Ф4 – с универсальной системой ЧПУ. В обозначение станков с цикловыми системами ПУ вводится буква Ц, а с оперативными системами ПУ – буква Т.

Обозначения для специальных и специализированных станков устанавливают заводы-изготовители, используя буквенные индексы, закрепленные за каждым заводом (например, Горьковский завод фрезерных станков – ГФ и т.п.)

1.3. Методы образования поверхностей деталей машин

Тело любой детали есть замкнутое пространство, ограниченное реальными геометрическими поверхностями, которые образованы в результате обработки. Поверхности, полученные на металлорежущих станках резанием, отличаются от идеальных формой, размерами и шероховатостью.

Любую поверхность можно представить как след движения одной линии (*образующей*) по другой (*направляющей*). Обе эти линии называют производящими, причем образующая может быть направляющей, и наоборот (рис. 1). Например, круговая цилиндрическая поверхность может быть представлена как след движения окружности по прямой или как след движения прямой по окружности. Боковую поверхность зуба прямозубого цилиндрического колеса можно рассматривать как след движения эвольвенты вдоль прямой линии или след движения прямой по эвольвенте. Таким образом, процесс образования поверхности можно свести к осуществлению движения одной производящей линии по другой.

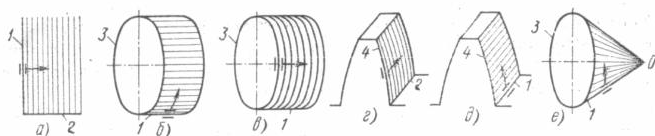


Рис. 1. Производящие линии:
1 – образующая; 2 – направляющая

Производящие линии на станках образуются материальными точками и линиями режущей кромки инструмента за счет согласованных относительных движений заготовки и инструмента.

Согласованные относительные движения заготовки и режущего инструмента, которые непрерывно создают производящие линии, а следовательно, поверхность, заданную линиями, в целом, назы-

вают *формообразующими (рабочими)*. Они могут быть простыми и сложными. К простым движениям формообразования относятся вращательное, которое обозначают $\Phi(B)$, и прямолинейное $\Phi(\Gamma)$.

Сложными формообразующими движениями являются те, траектории которых образуются в результате согласования взаимозависимых двух или более вращательных или прямолинейных движений, а также их сочетаний.

1.4. Методы образования производящих линий

В практике используют четыре метода образования производящих линий: копирование, обкат, след и касание.

Метод копирования основан на том, что режущая кромка инструмента по форме совпадает с производящей линией. Например, при получении цилиндрической поверхности (рис. 2, а) образующая линия 1 воспроизводится копированием прямолинейной кромки инструмента, а направляющая линия 2 – вращением заготовки. Здесь необходимо одно формообразующее движение - вращение заготовки. Для снятия припуска и получения детали заданных размеров необходимо поперечное перемещение резца, но это движение (установочное) не является формообразующим. На рис. 2, б показан пример обработки зубьев цилиндрического колеса. Контур режущей кромки фрезы совпадает с профилем впадин и воспроизводит образующую линию. Направляющая линия получается при прямолинейном движении заготовки вдоль своей оси. Здесь необходимы два формообразующих движения: вращение фрезы и прямолинейное перемещение заготовки. Кроме того, для обработки последующих впадин заготовка должна периодически поворачиваться на угол, соответствующий шагу зацепления. Такое движение называют делительным.

Метод огибания (обката) основан на том, что образующая линия возникает в форме огибающей ряда положений режущей кромки инструмента в результате его движений относительно заготовки. Режущая кромка отличается по форме от образующей линии и при различных положениях инструмента является касательной к ней. На рис. 2, в показана схема обработки зубьев цилиндрического колеса по методу огибания. Режущая кромка инструмента имеет форму зуба зубчатой рейки. Если заготовке сообщить вращение и согласованное с ним прямолинейное перемещение рейки вдоль ее оси, то режущий контур инструмента в своем движении относительно заготовки будет иметь множество положений. Их огибающей будет образующая зуба колеса. Направляющая линия по предыдущему образуется в результате прямолинейного перемещения инструмента или заготовки вдоль оси колеса. Для рассматри-

ваемого случая требуются три формообразующих движения: вращение заготовки, перемещение инструмента вдоль своей оси, перемещение инструмента или заготовки вдоль оси зубчатого колеса.

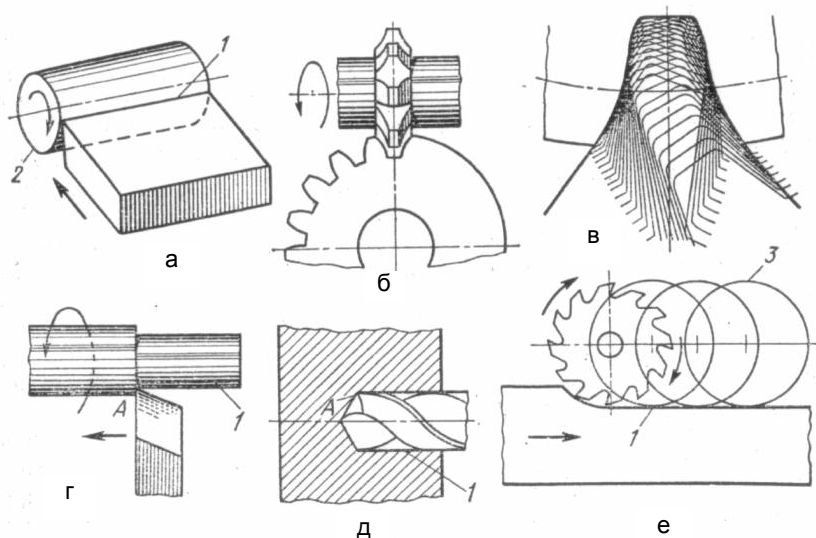


Рис. 2. Схемы образования поверхностей деталей

Метод следа состоит в том, что образующая линия получается как след движения точки – вершины режущего инструмента. Например, при точении образующая 1 (см. рис. 2, г) возникает как след точки А – вершины резца, а при сверлении (см. рис. 2, д) – как след сверла. Инструмент и заготовка перемещаются относительно друг друга таким образом, что вершина А режущего инструмента все время касается образующей линии 1. В первом случае (см. рис. 2, г) направляющая линия получается в результате вращения заготовки, во втором случае (см. рис. 2, д) – при вращении сверла или заготовки. В обоих случаях требуются два формообразующих движения.

Метод касания основан на том, что образующая линия 1 является касательной к ряду геометрических вспомогательных линий 3, образованных реальной точкой движущейся режущей кромки инструмента (см. рис. 2, е).

Итак, образование различных поверхностей сводится к установлению таких формообразующих движений заготовки и инструмента, которые воспроизводят образующие и направляющие линии.

1.5. Классификация движений в металлорежущих станках

Для получения на металлорежущих станках деталей нужной формы и размеров рабочим органам станка необходимо сообщить определенный комплекс согласованных движений. Эти движения можно разделить на основные (рабочие) и вспомогательные.

К основным (формообразующим) движениям относят главное движение (движение резания) и движение подачи.

Главным называют движение, которое обеспечивает отделение стружки от заготовки с определенной скоростью резания. Чаще всего бывает двух видов: вращательное и прямолинейное (возвратно-поступательное). Сообщается либо инструменту, либо заготовке.

Движение подачи – движение, обеспечивающее снятие стружки со всей обрабатываемой поверхности. Может быть непрерывным или прерывистым, простым или сложным, состоять из нескольких движений или отсутствовать.

К рабочим движениям, кроме главного и движения подачи на некоторых станках относят движения деления и обкатки. Их называют взаимосвязанными.

Вспомогательные движения необходимы для подготовки, наладки и настройки станка, сами они в процессе резания не участвуют. К ним относят движения управления (движения, необходимые для регулирования самих движений и их координирования), установочные (движения, осуществляющие вывод инструмента в заданную точку) и др.

2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАНКОВ

2.1. Эффективность

Эффективность – комплексный (интегральный) показатель, который наиболее полно отражает главное назначение станочного оборудования – повышает производительность труда и соответственно снижает затраты труда при обработке деталей. Эффективность станков, шт./руб.

$$A = N / \Sigma c , \quad (1)$$

где N – годовой выпуск деталей;

Σc – сумма годовых затрат на их изготовление.

При проектировании или подборе станочного оборудования следует стремиться к максимальной эффективности, а показатель (1) при этом следует рассматривать как целевую функцию

$$A = N / \Sigma c \rightarrow \max . \quad (2)$$

Если задана годовая программа выпуска, то условие (2) приводится к минимуму приведенных затрат

$$\Sigma c \rightarrow \min , \quad (3)$$

в этом случае эффективность будет максимальной.

2.2. Производительность

Производительность станка определяет его способность обеспечивать обработку определенного числа деталей в единицу времени.

Штучная производительность, шт./год, выражается числом деталей, изготовленных в единицу времени при непрерывной безотказной работе:

$$Q = T_0 / T , \quad (4)$$

где T_0 – годовой фонд времени;

T – полное время всего цикла изготовления детали.

При изготовлении на универсальном станке различных деталей его штучную производительность определяют по условной детали, форму и размеры которой берут усредненными по всему рассматриваемому множеству деталей.

Для станков широкой универсальности рассматривают набор представительных деталей, сходных по форме и технологии обработки. Производительность определяют по среднему времени цикла обработки, которое без учета потерь выражается как

$$T = t_p + t_g, \quad (5)$$

где t_p – время обработки резанием;

t_g – время на все виды вспомогательных операций, не совмещенных по времени с обработкой.

При непрерывной обработке, если нет потерь времени (рис. 3), штучная производительность совпадает с понятием технологической производительности

$$Q_r = 1/T_p, \quad (6)$$

определяемой только по машинному времени. Штучная производительность связана с годовым выпуском деталей коэффициентом использования η , учитывающим потери годового фонда времени по организационным и техническим причинам:

$$N = Q\eta. \quad (7)$$

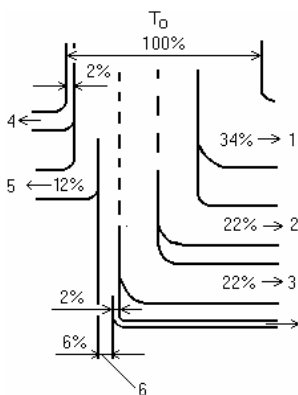


Рис. 3. Потери годового фонда времени:

- 1 – выходные, отпуск; 2 – отсутствие третьей смены; 3 – односменная работа;
4 – отказы; 5 – переналадка; 6 – использование станочного оборудования

Производительность процессов также определяют объемом материала, снятого с заготовки в единицу времени. Этот показатель применяют иногда для оценки возможностей станков для предварительной обработки или для сравнения различных технологических способов размерной обработки. В табл. 2 приведены производительности и мощности при удалении 1000 мм³/с за 60 с.

Таблица 2

Вид обработки	Производительность, мм ³ /с	Мощность, кВт
Точение	25000	0,06
Шлифование	13000	0,6
Электрохимическая	250	1
Электроискровая	250	10
Ультразвуковая	15	25
Лазерная	0,15	4000

Таким образом, можно определить основные пути повышения производительности станков: увеличение технологической производительности; совмещение операций во времени; сокращение различных операций во времени; сокращение времени на вспомогательные движения; сокращение всех видов внецикловых потерь.

2.3. Надежность

Надежность – это свойство станка обеспечивать бесперебойный выпуск годной продукции в заданном количестве в течение определенного срока службы и в условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Нарушение работоспособности станка называют отказом.

Безотказность станка – свойство станка непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени.

Долговечность станка – свойство станка сохранять работоспособность в течение некоторого времени с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта до наступления предельного состояния. Долговечность отдельных механизмов и деталей станка связана, главным образом, с изнашиванием подвижных соединений, усталостью при действии переменных напряжений и старением.

Изнашивание подвижных соединений в станке (направляющих, опор шпинделя, передач винт-гайка и др.) является важнейшей причиной ограничений долговечности по критерию сохранения первоначальной точности.

Ремонтопригодность – свойство, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Технический ресурс – наработка от начала эксплуатации или её возобновление после среднего и капитального ремонтов до перехода в предельное состояние. Для определения долговечности отдельных элементов (деталей и механизмов станка) используют средний ресурс (математическое ожидание).

Современные станки и станочные системы (автоматические линии, участки и производства) являются сложной системой из большого числа разнородных элементов (механических, электрических и радиоэлектронных). Оценка надежности сложной системы должна осуществляться на основе учета и анализа всех действующих факторов.

Технологическая надежность станков – свойство сохранять во времени первоначальную точность оборудования и соответствующее качество обработки, имеет важное значение в условиях длительной и интенсивной эксплуатации.

2.4. Гибкость

Гибкость станка – способность к быстрому переналаживанию при изготовлении других, новых деталей. Чем чаще происходит смена обрабатываемых деталей и чем большее число разных деталей требует обработки, тем большей гибкостью должен обладать станок или соответствующий набор станочного оборудования. Гибкость характеризуют универсальностью и переналаживаемостью.

Универсальность определяется числом разных деталей, подлежащих обработке на данном станке, т.е. номенклатурой.

Целесообразная гибкость оборудования связана с номенклатурой обрабатываемых деталей (рис. 4).

Переналаживаемость определяется потерями времени и средств на переналадку станочного оборудования при переходе от одной партии заготовок к другой партии. Таким образом, переналаживаемость является показателем гибкости оборудования и зависит от числа партий деталей, обрабатываемых на данном оборудовании в течение года.

Применение средств вычислительной техники для управления станками, оснащение их манипуляторами и устройствами ЧПУ позволили существенно повысить гибкость оборудования при высокой степени автоматизации.

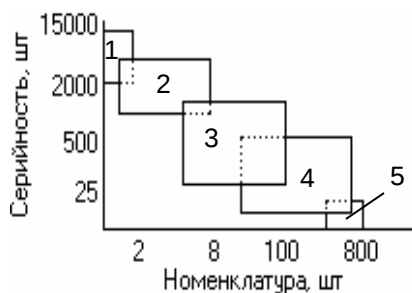


Рис. 4. Примерные области использования станочного оборудования различной универсальности:

- 1 – автоматические линии; 2 – переналаживаемые линии; 3 – гибкие станочные системы; 4 – станочные модули и станки с ЧПУ; 5 – станки с ручным управлением

2.5. Точность

Точность станка в основном предопределяет точность обработанных на нем изделий. Все ошибки станка, влияющие на погрешность обработанной детали, условно разделяют на группы.

Геометрическая точность зависит от ошибок соединений и влияет на точность взаимного расположения узлов станка при отсутствии внешних воздействий. Геометрическая точность, зависит главным образом, от точности изготовления соединений базовых деталей и от качества сборки станка.

Кинематическая точность необходима для станков, в которых сложные движения требуют согласования скоростей нескольких простых движений. Особое значение кинематическая точность имеет для зубообрабатывающих, резьбонарезных и других станков, предназначенных для сложной контурной обработки.

Жесткость станков характеризует их свойство противостоять появлению упругих перемещений под действием постоянных или медленно изменяющихся во времени силовых воздействий. Жесткость – отношение силы F к соответствующей упругой деформации δ в том же направлении

$$j = F/\delta. \quad (8)$$

Величину, обратную жесткости, называют податливостью

$$C = 1/j = \sigma/F. \quad (9)$$

Для повышения общей жесткости станка целесообразно выявлять элементы с пониженной жесткостью и затем принимать меры к её повышению до уровня жесткости других последовательно нагруженных упругих звеньев.

Виброустойчивость станка или динамическое его качество определяет его способность противодействовать возникновению колебаний, снижающих точность и производительность станка. Наиболее опасны колебания инструмента относительно заготовки. Особую опасность при вынужденных колебаниях представляют резонансные колебания, возникающие при совпадении частоты внешних воздействий с частотой собственных колебаний одного из упругих звеньев станка. Автоколебания связаны с характером протекания процессов резания и трения в подвижных соединениях, которые поддерживаются внешним источником энергии от привода станка.

Теплостойкость станка характеризует его сопротивляемость возникновению недопустимых температурных деформаций при действии тех или иных источников теплоты. К основным источникам теплоты относится процесс резания, двигатели, подвижные соединения, особенно при значительных скоростях их относительного движения.

3. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

3.1. Понятие о кинематической структуре станка

Каждое исполнительное движение в станках осуществляется кинематической группой, представляющей собой совокупность источника движения, исполнительного органа (рабочего), кинематических связей и органов настроек, обеспечивающих требуемые параметры движения. Название кинематической группы аналогично названию создаваемого ей исполнительного движения.

Рабочий орган – исполнительный механизм станка, осуществляющий движение заготовки или инструмента в процессе формообразования. Он имеет свой привод или заимствует движения от другого исполнительного органа. Составляющими элементами привода рабочего органа являются источник движения и комплекс передаточных и преобразующих механизмов.

Совокупность элементов привода рабочего органа станка и называется кинематической группой. Структура кинематической группы зависит от характера осуществляемого движения, числа исполнительных органов, потребности регулирования параметров движения. Каждое формообразующее движение имеет свою кинематическую группу (рис. 5, а, б), а совокупность групп образует кинематическую структуру металлорежущего станка (рис. 5, в)

В зависимости от числа исполнительных органов кинематические группы делят на простые и сложные. Простые группы имеют один, а сложные – два и более исполнительных органов.

Любая кинематическая группа включает в себя два качественных различных вида кинематической связи – внутреннюю и внешнюю.

Под внутренней кинематической связью группы понимают совокупность кинематических звеньев и их соединений, обеспечивающих качественную характеристику движения, т.е. его траекторию.

Под внешней кинематической связью группы понимают совокупность кинематических звеньев и их соединений, обеспечивающих количественные характеристики движения, т.е. его скорость, направление, путь и исходную точку.

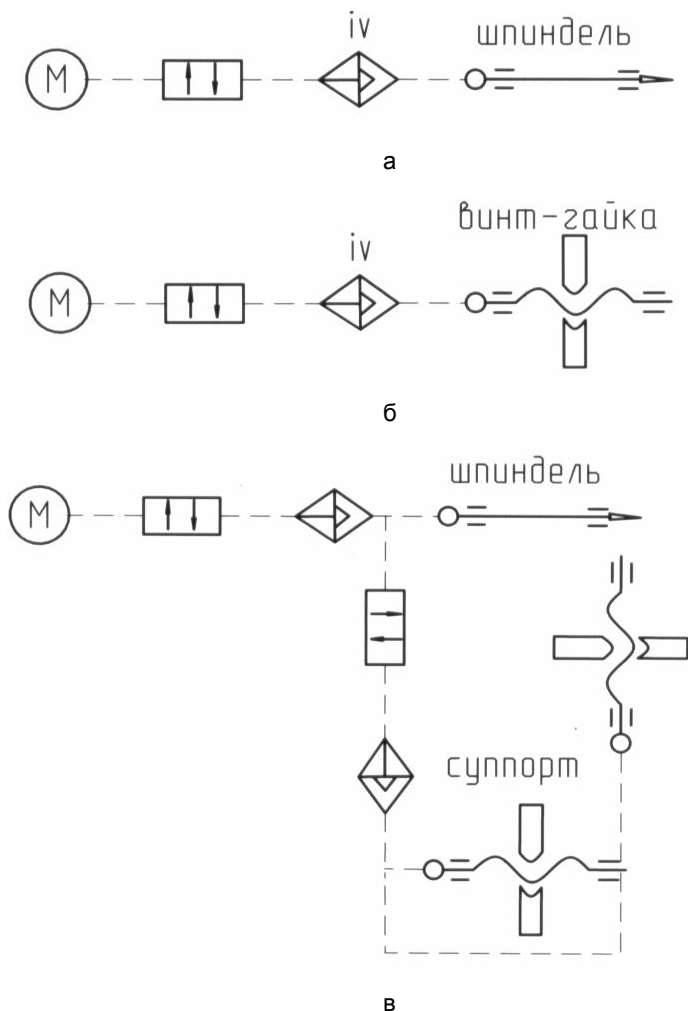


Рис. 5. Кинематические группы:
а – вращательного движения; б – поступательного движения;
в – кинематическая структура токарного станка

3.2. Кинематические схемы металлорежущих станков

Несмотря на большое количество металлорежущих станков и разнообразие их конструкций, в их механизмах и движениях есть

много общего. Это позволяет установить общую методику их настройки и облегчает изучение той или иной модели. Для анализа движений различных органов станков применяют упрощенные условные схемы механизмов, дающие наглядное представление о кинематике металлорежущего станка и его конструкции.

Кинематическая схема – это условное обозначение механизмов, соединенных в определенной последовательности в кинематической цепи.

Кинематические цепи состоят из отдельных кинематических цепей. В зависимости от характера выполняемых движений цепи имеют соответствующие названия (и окрашиваются в соответствующие цвета): цепь главного движения (голубой), цепь движения подачи (коричневый), делительные цепи и цепи обкатки (зеленый), цепи вспомогательных движений (красный).

Для вычерчивания кинематических схем применяют условные обозначения согласно ГОСТ 2.770-68 (прил. 1).

3.3. Ряды частот вращения

У станков с вращательным движением частота вращения шпинделя, мин⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \quad (10)$$

где v – скорость резания, м/мин;

d – диаметр заготовки или инструмента, мм.

Для получения наивыгоднейших условий при обработке заготовок из различных материалов инструментами с различными режущими свойствами станки должны обеспечивать изменение скоростей резания от $v_{\min}$ до $v_{\max}$. Так как обрабатываемые заготовки или устанавливаемые на станке инструменты могут иметь диаметры в пределах от $d_{\min}$ до $d_{\max}$, необходимо иметь возможность устанавливать различную частоту вращения шпинделя в пределах от $n_{\min}$ до $n_{\max}$:

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot v_{\min}}{\pi \cdot d_{\max}}; \quad (11)$$

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot v_{\max}}{\pi \cdot d_{\min}}. \quad (12)$$

Отношение максимальной частоты вращения шпинделя станка к минимальной называют диапазоном регулирования частоты вращения шпинделя

$$\frac{n_{\max}}{n_{\min}} = D. \quad (13)$$

Диапазон регулирования шпинделя характеризует эксплуатационные возможности станка. В указанных пределах можно получить любое значение n , если иметь механизм бесступенчатого регулирования скорости главного движения. В этом случае можно установить частоту вращения, соответствующую выбранной наивыгоднейшей скорости резания при заданном диаметре. Однако бесступенчатые приводы, несмотря на их довольно значительное распространение в современных станках, применяют не так широко, как приводы со ступенчатым рядом частоты вращения шпинделя. Большинство станков имеет ступенчатые ряды частот вращения. В этом случае вместо частоты вращения, точно соответствующей наивыгоднейшей скорости резания при данном диаметре, приходится брать ближайшую меньшую частоту. Этой действительной частоте n_o будет соответствовать действительная скорость резания $v_o = \pi d n_o / 1000$, которая меньше расчетной на величину $v - v_o$. Тогда относительная потеря скорости резания при переходе с одной частоты вращения к ближайшей меньшей:

$$A = \frac{(v - v_o)}{v} = \frac{(\pi d n - \pi d n_o)}{\pi d n} = \frac{(n - n_o)}{n}. \quad (14)$$

Следовательно, относительная потеря скорости резания будет тем меньше, чем меньше разность $(n - n_o)$.

В интервале между предельными значениями частоты вращения $n_{\min}$ и $n_{\max}$ промежуточные частоты можно разместить различными рядами. Однако не все возможные ряды будут равноценными. Наиболее рациональным для применения в станкостроении является геометрический ряд, в котором каждая последующая частота отличается от предыдущей в ϕ раз (где ϕ – знаменатель ряда).

Главным преимуществом геометрического ряда является то, что максимальная относительная потеря скорости резания остается одинаковой для всех интервалов ряда частоты вращения. Это позволяет обеспечить постоянство максимальной относительной

потери производительности формообразования станка, т.е. дает экономические преимущества по сравнению с другими рядами. Производительность формообразования определяется площадью поверхности, обрабатываемой на станке в единицу времени.

Геометрический ряд частот вращения шпинделя со знаменателем φ будет иметь следующий вид;

$$\begin{aligned} n_1 &= n_{\min}; \\ n_2 &= n_1 \cdot \varphi^1; \\ n_3 &= n_1 \cdot \varphi^2; \\ n_4 &= n_1 \cdot \varphi^3; \\ &\dots \\ n_z &= n_1 \cdot \varphi^{z-1} = n_{\max}. \end{aligned}$$

Таким образом $n_{\max} = n_{\min} \cdot \varphi^{z-1}$, откуда $\varphi = \sqrt[z]{n_{\max}/n_{\min}} = \sqrt[z]{D}$, где z – число ступеней ряда.

Значения знаменателей рядов φ нормализованы. Это позволяет нормализовать ряды частот вращения и подач, а также облегчить кинематический расчет станков. Значения знаменателей φ нормальных рядов частот вращения шпинделей станков установлены с учетом следующих соображений:

1. В приводе главного движения станков часто применяют многоскоростные электродвигатели трехфазного тока с отношением частот вращения, равным 2. Для того, чтобы частоты вращения шпинделя, получаемые при разных частотах таких электродвигателей, были членами геометрического ряда, необходимо иметь

$$\varphi = \sqrt[E_1]{2}, \quad (15)$$

где E_1 – целое число.

2. Обязательно должен быть учтен государственный стандарт предпочтительных чисел и рядов предпочтительных чисел. Ряды предпочтительных чисел построены в виде геометрических прогрессий, знаменатели которых должны удовлетворять требованию:

$$\varphi = \sqrt[E_2]{10}, \quad (16)$$

где E_2 – целое число.

Таким образом, стандартные значения φ рядов частоты вращения могут быть найдены из условий (15) и (16) $\varphi = \sqrt[E_1]{2} = \sqrt[E_2]{10}$.

Следовательно, $E_1 = 3E'$ и $E_2 = 10E'$, где E' – произвольное целое число.

Для предусмотренных стандартом четырех значений $E_2 = 40; 20; 10; 5$, которым соответствует $E' = 4; 2; 1$ и $0,5$ и $E_1 = 12; 6; 3$ и $1,5$, получают следующие значения φ :

$$\varphi_{40} = \sqrt[40]{10} = \sqrt[12]{2} = 1,06;$$

$$\varphi_{20} = \sqrt[20]{10} = \sqrt[6]{2} = 1,12;$$

$$\varphi_{10} = \sqrt[10]{10} = \sqrt[3]{2} = 1,26;$$

$$\varphi_5 = \sqrt[5]{10} = \sqrt[1,5]{2} = 1,58.$$

Для практического применения указанных четырех значений оказалось недостаточно, поэтому добавлены

$$\varphi = \sqrt[20/3]{10} = \sqrt[2]{2} = 1,41;$$

$$\varphi = \sqrt[20/6]{10} = \sqrt[1]{2} = 2;$$

$$\varphi = \sqrt[4]{10} = \sqrt[1,2]{2} = 1,78.$$

Вследствие того, что знаменатель φ связан с числом 2, через определенное количество членов ряда каждое число увеличивается в 2 раза. Этой закономерности не подчиняются ряды с $\varphi = 1,58$ и $\varphi = 1,78$.

В связи с тем, что знаменатель φ связан с числом 10, каждое число ряда увеличивается через определенное количество членов ряда в 10 раз. Эта закономерность не распространяется на ряды с $\varphi = 1,41$ и $\varphi = 2$.

Значения подач в металлорежущих станках также обычно располагаются по геометрическому ряду. Значения знаменателя ряда подач и величины подач берут из действующей нормы станкостроения. Отношение максимальной подачи $S_{\max}$ к минимальной $S_{\min}$ называют диапазоном регулирования подач.

4. ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЙ

4.1. Кинематическая настройка станков

Под кинематической настройкой станка понимают настройку его цепей, обеспечивающую требуемые скорости движений исполнительных органов станка, а также, при необходимости, условия кинематического согласования перемещений или скоростей исполнительных органов между собой. Цель таких согласований – образование поверхности с заданными формой, размерами, точностью и шероховатостью. Кинематическая настройка является составной частью наладки станка.

Значение передаточного отношения органа настройки определяют по формуле настройки и затем реализуют в коробках скоростей и подач станка.

Для вывода формулы настройки любого органа кинематической настройки необходимо по кинематической схеме станка наметить такую цепь передач, в которой расположен данный орган и известны перемещения или скорости конечных звеньев этой цепи, связанные функциональной или требуемой зависимостью. Желательно, чтобы такая цепь передач включала в себя только один орган настройки, для которого выводят формулу.

Для выбранной цепи составляют условие кинематического согласования перемещений или скоростей исходного и конечных звеньев. Перемещения могут быть угловыми, линейно-угловыми и линейными. С учетом условия согласования перемещений или скоростей составляют уравнение кинематического баланса, в котором неизвестным является передаточное отношение i -го органа настройки. Это уравнение баланса можно записать от любого конца цепи согласования. Решение уравнения баланса относительно передаточного отношения органа настройки представляет собой формулу настройки.

4.2. Механизмы для регулирования скорости движения органов станков

Совокупность устройств, приводящих в действие рабочие органы металлорежущих станков, называют приводом. Он состоит из двигателя, являющегося источником движения, и механизмов, передающих движение рабочим органам.

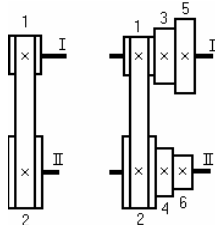


Рис. 6. Ременное регулирование

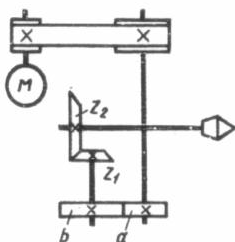


Рис. 7. Сменные зубчатые колеса

Для легких приводов применяют механизмы, состоящие из сменных или ступенчатых шкивов (рис. 6).

Диаметры шкивов или ступеней подбирают таким образом, чтобы получить заданный ряд чисел оборотов ведомого вала. Натяжение ремня при перестановке сменных шкивов или при переброске его с одной ступени на другую должно быть неизменным. Это требование будет соблюдено, если будет выполнено условие

$$d_1 + d_2 = d_3 + d_4 = d_5 + d_6. \quad (17)$$

Достоинство ременных передач – простота; недостаток – громоздкость при передаче больших нагрузок и неудобство смены ремня.

Для редкой настройки в коробках применяют сменные зубчатые колеса (рис. 7) и для высокоточной настройки гитары сменных зубчатых колес (рис. 8). Гитара – узел станка, предназначенный для изменения скорости подачи. Гитары сменных колес дают возможность настраивать подачу с любой степенью точности. Они позволяют применять передаточные отношения до $i_{\min} = 1/8$. Гитары бывают двухпарные и трехпарные. В основном в станках встречаются двухпарные гитары, лишь в редких случаях, когда необходимы особенно малые передаточные отношения или требуется особенно высокая точность подбора этих отношений, используют трехпарную гитару. Каждую гитару снабжают определенным комплектом сменных зубчатых колес. Например, для токарно-винторезных станков рекомендуется комплект сменных зубчатых колес из $z = 20, 24, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 44, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 68, 70, 71, 72, 75, 76, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 113, 120, 127$.

На рис. 8 показана схема двухпарной гитары. Расстояние A между ведущим 1 (колесо a) и ведомым 2 (колесо d) валами неизменно. На ведомом валу свободно посажен «приклон» 3 гитары. В приклоне имеются радиальный и дуговой пазы. В радиальном пазу закреплена ось 4 колес b и c . Перемещающая ось вдоль паза, можно менять расстояние B между колесами c и d . Дуговой паз в приклоне позволяет изменять расстояние C между колесами a и b при повороте приклона на валу 2. В требуемом положении приклон закрепляют болтом 5.

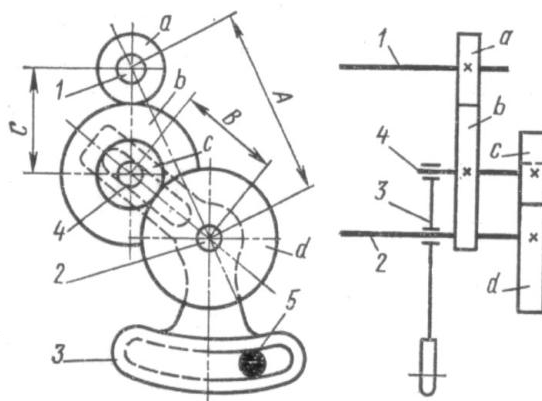


Рис. 8. Схема двухпарной гитары

Широкое распространение получили механизмы, состоящие из передвижных многовенцовых блоков зубчатых колес (рис. 9).

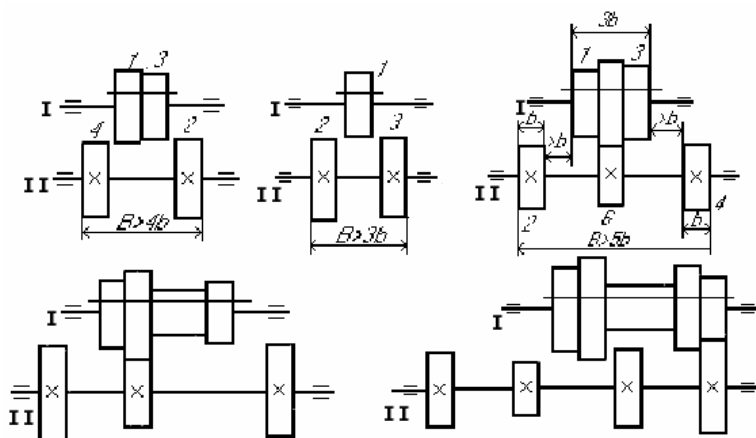


Рис. 9. Коробки передач с передвижными многовенцовыми блоками зубчатых колес

Венцов в блоке чаще всего два, три и реже четыре. При переключении зубчатые колеса блока перемещаются по шлицам вдоль оси вала и поочередно входят в зацепление с сопряженными ком-

лесами. Основное достоинство механизмов с передвижными блоками - их простота. Колеса, не участвующие в передаче рабочих нагрузок, не изнашиваются. К числу недостатков следует отнести невозможность переключения передачи на ходу, а также сравнительно большие осевые габаритные размеры.

I, II – ведущий и ведомый валы соответственно.

Механизмы, у которых зубчатые колеса находятся в постоянном зацеплении (рис. 10, а), не имеют этих недостатков. На одном валу I закреплены колеса 1 и 3, на другом – II насажены свободно колеса 2 и 4. Ту или иную передачу включают в работу муфтой 5. Ее ведущий элемент связан с колесами 2 и 4, ведомый – с валом II. Если муфта фрикционного типа, то возможно переключение на ходу. Передачи 1-2 и 3-4 могут быть косозубыми.

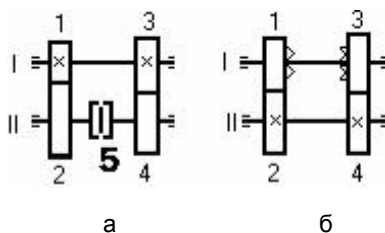


Рис. 10. Механизмы с муфтами

На рис. 10, б в правом положении передвижного колеса 3 передача между валами 3-4, в крайнем левом передача 1-2. Зубчатые колеса 1 и 2 могут быть косозубыми.

4.3. Кинематический расчет коробок скоростей

Для кинематических расчетов коробок скоростей в станкостроении применяют два метода: аналитический и графоаналитический. Оба метода позволяют находить величины передаточных отношений передач, входящих в коробку скоростей. Однако, как правило, используют только графоаналитический метод. Достоинством его является то, что он позволяет быстро находить возможные варианты решения, дает большую наглядность (что облегчает сравнение вариантов). При графоаналитическом методе последовательно строят структурную сетку и график частоты вращения.

Структурная сетка дает ясное представление о структуре привода станка. По структурной сетке легко проследить связи между передаточными отношениями групповых передач (групповой передачей называют совокупность передач между двумя последова-

тельными валами коробки скоростей); однако сетка не дает конкретных значений этих величин. Она наглядно характеризует ряд структур приводов в общей форме. Структурная сетка содержит следующие данные о приводе: число групп передач, число передач в каждой группе, относительный прыжок конструктивного расположения групп вдоль цепи передач, порядок кинематического включения групп (т.е. их характеристики и связь между передаточными отношениями), диапазон регулирования групповых передач и всего привода, число частот вращения ведущего и ведомого валов групповой передачи.

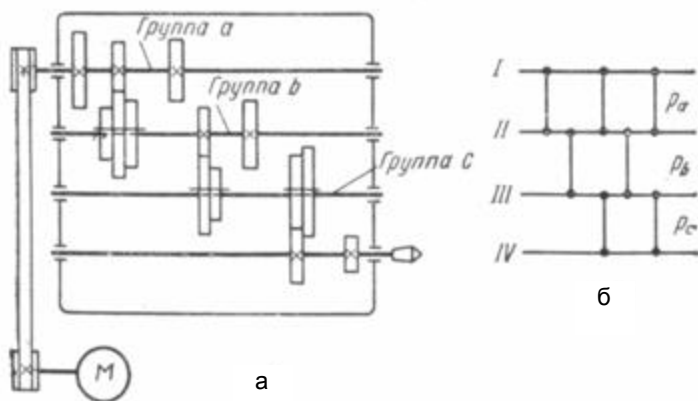


Рис. 11. Схема привода главного движения мет аллорежущего станка

График частоты вращения позволяет определить конкретные величины передаточных отношений всех передач привода и частоты вращения всех его валов. Его строят в соответствии с кинематической схемой привода. При разработке кинематической схемы коробки скоростей станка с вращательным главным движением должны быть известны: число ступеней частоты вращения z шпинделя, знаменатель геометрического ряда ϕ , частоты вращения шпинделя от n_1 до n_z и частота вращения электродвигателя $n_{\text{э}}$.

Число ступеней частоты вращения z шпинделя при наладке последовательно включенными групповыми передачами (в многоваловых коробках) равно произведению числа передач в каждой группе, т.е. $z = p_a \cdot p_b \cdot p_c$. Например, для привода, показанного на рис. 11, $z = p_a \cdot p_b \cdot p_c = 3 \cdot 2 \cdot 2 = 12$. При заданном (или выбранном)

числе z ступеней ряда частоты вращения шпинделя число групп передач, число передач в каждой группе и порядок расположения групп можно выбирать различными. Этот выбор в основном и определяет конструкцию коробки скоростей.

Для наиболее часто применяемых значений z могут быть использованы следующие конструктивные варианты:

$$z = 4 = 2 \cdot 2;$$

$$z = 6 = 2 \cdot 3 = 3 \cdot 2;$$

$$z = 8 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 4 \cdot 2 = 2 \cdot 4;$$

$$z = 12 = 3 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 3 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 3 = 4 \cdot 3 = 3 \cdot 4;$$

$$z = 16 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 4 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 4 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 4 = 4 \cdot 4;$$

$$z = 16 = 3 \cdot 3 \cdot 2 = 2 \cdot 3 \cdot 3 = 3 \cdot 2 \cdot 3;$$

$$z = 24 = 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 = 2 \cdot 3 \cdot 4 = 2 \cdot 4 \cdot 3 = 3 \cdot 2 \cdot 4 = 3 \cdot 4 \cdot 2 = 4 \cdot 2 \cdot 3 = 4 \cdot 3 \cdot 2.$$

В станках с изменением частоты вращения шпинделя по геометрическому ряду передаточные отношения передач в группах образуют геометрический ряд со знаменателем φ^x , где x – целое число, которое называют характеристикой группы. Характеристика группы равна числу ступеней скорости совокупности групповых передач, кинематически предшествующих данной группе. Общее уравнение наладки групповых передач имеет следующий вид:

$$i_1 : i_2 : i_3 : \dots : i_p = 1 : \varphi^x : \varphi^{2x} : \dots : \varphi^{(p-1)x}. \quad (18)$$

Для последовательного получения всех частот вращения шпинделя сначала переключают передачи одной группы, затем другой и т.д. Если в коробке скоростей, показанной на рис. 11, использовать с этой целью, прежде всего, передачи группы a , затем группы c и в последнюю очередь группы b , то соответственно этому порядку переключения группа a будет основной, группа c первой переборной, группа b второй переборной. Коробка скоростей может иметь и большее число переборных групп.

Для основной группы передач характеристика $x_0 = 1$; первой переборной группы $x_1 = p_1$, для второй переборной группы $x_1 = p_1 \cdot p_2$ и т.д., где p_1 и p_2 – соответственно числа передач основной и первой переборной групп.

Для конструктивного варианта привода, показанного на рис. 11, и принятого порядка переключений скоростей можно записать структурную формулу $z = 3(1)2(6)2(3)$. В формуле цифрами в скобках обозначены характеристики групп. Основной и различными по

номеру переборными группами может быть любая группа передач в приводе. Поэтому наряду с конструктивными вариантами привода возможны также различные его кинематические варианты.

Во избежание чрезмерно больших диаметров зубчатых колес в коробках скоростей, а также для нормальной их работы установлены следующие предельные передаточные отношения между ва-

лами при прямозубом зацеплении: $\frac{1}{4} \leq i \leq 2$; отсюда наибольший диапазон регулирования групповой передачи будет

$$(i_{\max}/i_{\min})_{\text{группы}} = \frac{2}{1/4} = 8. \quad (19)$$

Отношение $(i_{\max}/i_{\min})_{\text{группы}}$ имеет наибольшую величину для последней переборной группы привода. Следовательно, для коробок скоростей

$$(i_{\max}/i_{\min})_{\text{группы}} = \varphi^{(p-1)x_{\max}} \leq 8, \quad (20)$$

где $x_{\max}$ – наибольший показатель для последней переборной группы;

p – число передач в этой группе.

Для графического изображения частот вращения шпинделя станка обычно используют логарифмическую шкалу чисел. С этой целью геометрический ряд частоты вращения:

$$n_1 = n_1 \cdot \varphi^0 = n_1 \cdot 1;$$

$$n_2 = n_1 \cdot \varphi^1;$$

$$n_3 = n_1 \cdot \varphi^2;$$

$$n_4 = n_1 \cdot \varphi^3;$$

...

$$n_z = n_1 \cdot \varphi^{z-1}$$

логарифмируют,

$$\lg n_1 = \lg n_1 + 0 \cdot \lg \varphi = \lg n_1;$$

$$\lg n_2 = \lg n_1 + \lg \varphi;$$

$$\lg n_3 = \lg n_1 + 2 \lg \varphi;$$

$$\lg n_4 = \lg n_1 + 3 \lg \varphi;$$

...

$$\lg n_z = \lg n_1 + (z-1) \lg \varphi.$$

Откуда

$$\lg n_2 - \lg n_1 = \lg \varphi ;$$

$$\lg n_3 - \lg n_2 = \lg \varphi ;$$

$$\lg n_4 - \lg n_3 = \lg \varphi ;$$

...

$$\lg n_z - \lg n_{z-1} = \lg \varphi = \text{const} .$$

Таким образом, если откладывать на прямой линии последовательные значения логарифмов частот вращения $n_1, n_2, n_3 \dots n_z$, то интервалы между ними будут постоянными и равны $\lg \varphi$.

Рассмотрим построение структурной сетки и графика частот вращения для коробки скоростей, кинематическая схема которой показана на рис. 12, а. Для принятого конструктивного варианта привода возможны два варианта структурной формулы: $z = 6 = 3(1) \cdot 2(3)$ и $z = 6 = 3(2) \cdot 2(1)$. В первом случае основной группой будет первая в конструктивном отношении группа передач, а первой переборной – вторая группа передач; для второго случая – наоборот.

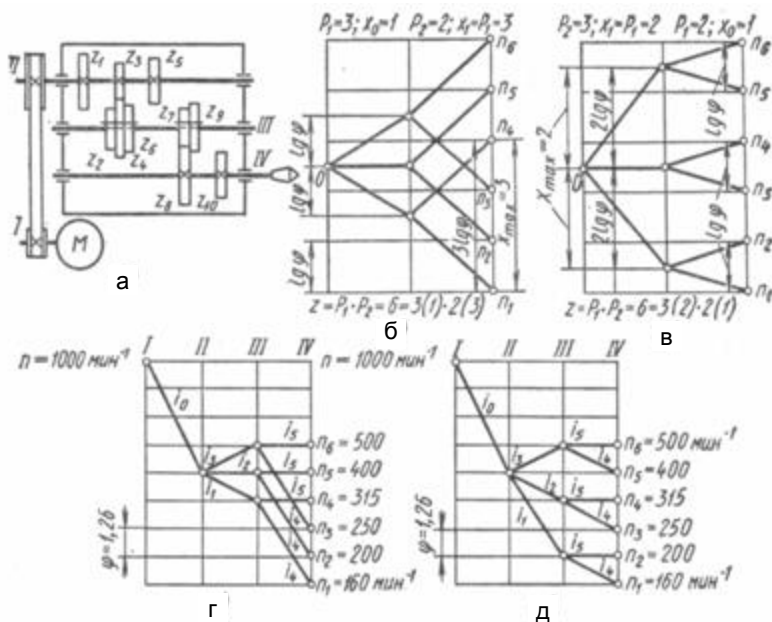


Рис. 12. Построение структурной сетки и графика частот вращения

На рис. 12, б, в показаны структурные сетки приведенных структурных формул привода. Они построены следующим образом. На равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых должно быть на единицу больше, чем число групповых передач. Также проводят ряд горизонтальных параллельных прямых с интервалом, равным $\lg \varphi$ (число горизонтальных прямых равно числу z ступеней частоты вращения шпинделя). На середине первой слева вертикальной линии наносят точку O , из которой симметрично в соответствии с числом передач в группах по заданной структурной формуле проводят лучи, соединяющие точки на вертикальных линиях. Расстояния между соседними лучами должны быть равны $x_i \lg \varphi$, где x_i – характеристика соответствующей группы.

Оптимальный вариант структурной сетки выбирают из следующих соображений. Выше отмечалось, что независимо от порядка переключений групповых передач диапазон регулирования последней переборной группы является наибольшим. Поэтому следует определить диапазоны регулирования последних переборных групп для всех вариантов структурных сеток (при выбранном значении φ) и исключить из дальнейшего рассмотрения варианты, не удовлетворяющие условию. Для варианта, показанного на рис. 11, б, $x_{\max} = 3$, а для варианта, показанного на рис. 12, в, $x_{\max} = 2$. Вариант, приведенный на рис. 12, б, подходит для всех значений φ , так как $2^{(2-1)^3} = 8$; вариант на рис. 12, в удовлетворяет всем значениям φ за исключением $\varphi = 1,78$ и $\text{гр} = \varphi = 2$, поскольку $1,78^{(3-1)^2} > 8$ и $2^{(3-1)^2} > 8$. На рис. 12, г, д показаны построенные для обоих вариантов структурных сеток графики частоты вращения при $\varphi = 1,26$, $n_1 = 160 \text{ мин}^{-1}$, $n_6 = 500 \text{ мин}^{-1}$, $n_{\text{ш}} = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Графики частоты вращения строят в следующей последовательности: на равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых равно числу валов коробки; на равном расстоянии друг от друга с интервалами $\lg \varphi$ проводят горизонтальные линии, которым присваивают (снизу вверх) порядковые номера частот вращения, начиная с n_1 . Луч, проведенный между вертикальными линиями, обозначает передачу между двумя валами с передаточным отношением $i = \varphi^m$, где m – число интервалов $\lg \varphi$, перекрытых лучом. При горизонтальном положении луча $i = 1$, при луче, направленном вверх $i > 1$, а при направленном вниз $i < 1$.

Для разбираемого примера ($\varphi = 1,26$) с учетом особенностей отдельных передач и значений предельных передаточных отношений $i_{\min \text{ пред.}} = \frac{1}{4} = \frac{1}{\varphi^6}$ и $i_{\max \text{ пред.}} = \frac{2}{1}$ φ^3 строим для каждого варианта сначала цепь передач для снижения частоты вращения от $n_{\text{до}} = 1000 \text{ мин}^{-1}$ до $n_1 = 160 \text{ мин}^{-1}$. Наиболее целесообразно при этом так разбить общее передаточное отношение цепи, чтобы сохранить более высокими частоты вращения промежуточных валов. В этом случае размеры коробки уменьшаются. Дальнейшее построение ведем, используя принятые варианты структурных сеток. Построенный график частоты вращения позволяет определить передаточные отношения всех передач коробки.

По найденным передаточным отношениям определяют числа зубьев зубчатых колес. Следует иметь в виду, что в станкостроении межосевые расстояния, суммы чисел зубьев сопряженных колес, числа зубьев червячных колес и модули нормализованы. При постоянном расстоянии между осями ведущего и ведомого валов и одинаковом модуле колес группы передач сумма чисел зубьев каждой пары зубчатых колес является постоянной величиной, т.е.

$$\sum z = z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \text{const}.$$

Передаточные отношения пар зубчатых колес, находящихся в зацеплении, $i_1 = \frac{z_1}{z_2}$; $i_2 = \frac{z_3}{z_4}$; $i_3 = \frac{z_5}{z_6}$ и т.д. Из вышеуказанных

уравнений $z_1 = \frac{i_1}{i_1 + 1} \sum z$ и $z_2 = \frac{i_1}{i_1 + 1} \sum z$. По этим выражениям

находят числа зубьев колес группы по заданной $\sum z = \text{const}$. Передаточные отношения i_1 , i_2 и т.д. определяют по графику частоты вращения.

4.4. Механизмы бесступенчатого регулирования

В станкостроении применяют механизмы и для бесступенчатого регулирования скорости валов. На рис. 13, а показан вариатор с раздвижными конусами и промежуточным гибким звеном.

Конусы 1 и 2 могут перемещаться по шлицам валов I и II при помощи механизма, состоящего из винта 3 с левой и правой резьбами и тяг 4. При сближении конусов 1, конусы 2 раздвигаются,

изменяя радиус контакта ремня с конусами, и, следовательно, передаточное отношение передачи. На этом принципе регулирования основано устройство механизма, приведенного на рис. 13, б. Здесь между конусами 1 и 2 установлено жесткое звено в виде кольца 3.

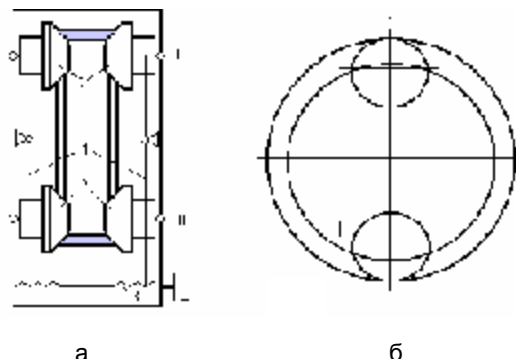


Рис. 13. Вариатор с раздвижными конусами

На рис. 14 показана схема торового вариатора. Между двумя чашками 1 и 2, установленными на ведущем и ведомом валах, размещены в качестве промежуточного звена ролики 3. Рабочие поверхности чашек – торовые, роликов – сферические. Передаточное отношение зависит от угла наклона роликов, при повороте которых изменяются радиусы контакта роликов с ведущей и ведомой фрикционными чашками.

Лобовой вариатор показан на рис. 15. При перемещении малого ведущего ролика 1 относительно диска 2 изменяется рабочий радиус последнего и, следовательно, передаточное отношение между ведущим и ведомым валами.

Диапазон регулирования вариаторов не превышает 4...6 единиц.

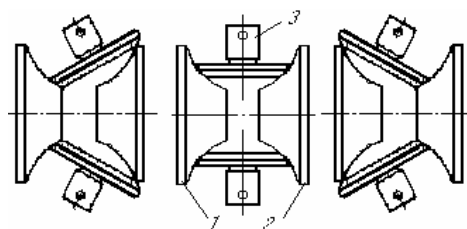


Рис. 14. Торový вариатор

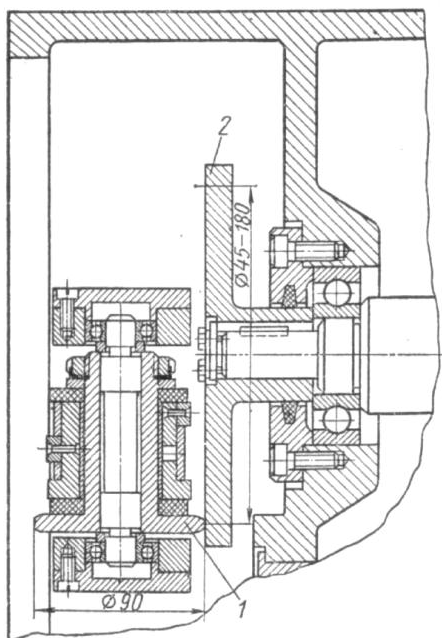


Рис. 15. Лобовой вариатор

5. ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДАЧ

5.1. Типы коробок подач

Коробки подач предназначены для получения требуемых величин подач при обработке на станках различных деталей и находятся в кинематической цепи подач. В отличие от главного движения кинематические цепи подач, как правило, тихоходны. Характерным для механизмов подач является точность кинематической цепи. В зависимости от назначения станка коробкам подач предъявляют следующие требования:

- достаточное количество ступеней подач;
- достаточный диапазон регулирования подач;
- закономерность ряда подач в геометрический ряд;
- характер движения подач (непрерывный или прерывистый и т.п.)
- необходимость получения точной подачи.

В зависимости от вышеуказанных требований выбирается та или иная конструкция коробки подач.

В приводах подач ряда станков применяют механизмы, у которых включение передач осуществляется при помощи накидных зубчатых колес. К числу таких механизмов относят механизм Нортон (рис. 16). Благодаря наличию паразитного накидного колеса в передвигной каретке выбор числа зубчатых колес нортонской коробки не связан с условием постоянства суммы чисел зубьев. Это расширяет возможность точного осуществления требуемых передаточных отношений, что особенно важно для настройки подач винторезных станков.

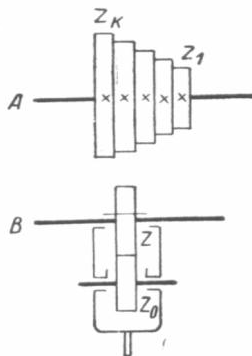


Рис. 16. Кинематическая схема нортонской коробки

Передвижное колесо z находится в зацеплении с накидным зубчатым колесом z_0 , смонтированным в рамке 5. Поворачивая и перемещая рамку вдоль оси вала А, можно вводить в зацепление колесо z_0 с колесами $z_1...z_k$, образующими блок. Для удержания колес работающей передачи в зацеплении предусмотрен фиксатор, закрепляющий рамку в нужном положении (на рисунке не показан). Колес в блоке, чаще всего, четыре – шесть, но не более 12. Блок может быть как ведущим, так и ведомым звеном.

Достоинством данного механизма является большой диапазон регулирования подач, простота конструкции и компактность. Поэтому его успешно применяют в резьбонарезных цепях.

Недостатки рассмотренного механизма: малая жесткость сцепления колес из-за слабой фиксации и закрепления рамки 5, ненадежная смазка.

Меандром называют трехваловый механизм, составленный из ряда одинаковых блоков по два зубчатых колеса и передвижной каретки с накидной шестерней (рис. 17). Однорычажное управление, малые осевые габариты и большой диапазон регулирования делают меандр удобным для образования первой переборной группы в механизме подач.

К недостаткам, обусловленным наличием накидного колеса, прибавляется вращение всех блоков колес на валах, в том числе и блоков, не участвующих в передаче движения.

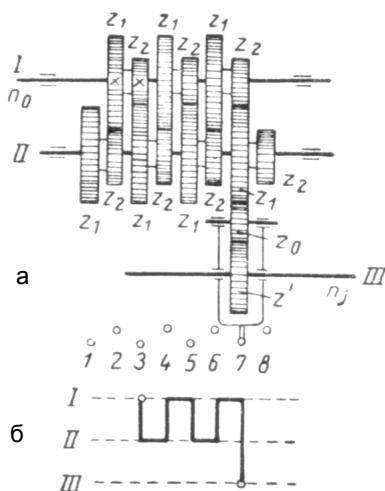


Рис. 17. Схема меандра с накидным колесом

Для увеличения жесткости накидное колесо заменяется передвижным, которое может сцепляться только с большими колесами блоков (рис. 18).

Обычно в токарно-винторезных станках $z_1 = z'$ и $z_1 = 2z_2$, в этом случае меандр дает ряд передаточных отношений $2/1$, $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$...

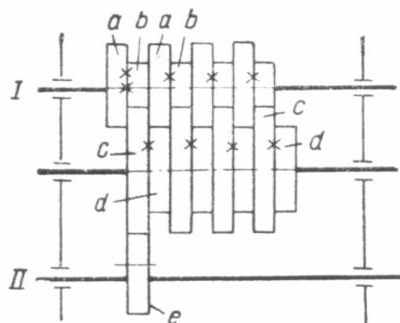


Рис. 18. Схема меандра с передвижной шестерней

Механизм, изображенный на рис. 19, имеет группу колес, находящихся в постоянном зацеплении. На ведущий вал колеса установлены жестко, на ведомый вал — свободно. Вытяжная шпонка смонтирована внутри полого ведомого вала. Выступая из продольного окна, она заходит в шпоночный паз одного из колес 2, 4, 6, 8, связывая его с ведущим валом.

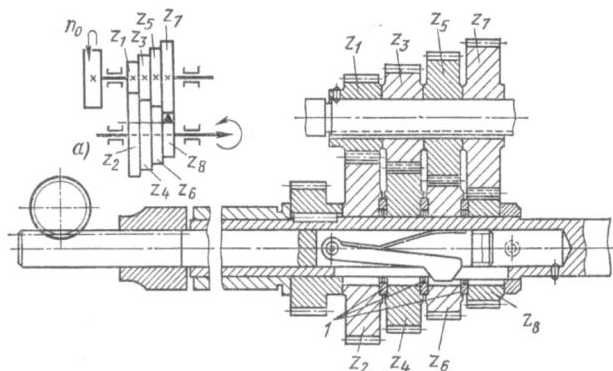


Рис. 19. Механизм с вытяжной шпонкой

5.2. Уравнение настройки движения подач

Движение подач может заимствоваться у главного движения или иметь свой индивидуальный привод. Если привод индивидуальный, то подача равна, мм/мин

$$S = n_{ог} \cdot i_{к.п.} \cdot \left\{ \frac{t_{х.в.}}{\pi \cdot m \cdot z} \right\}, \quad (21)$$

где $n_{ог}$ – частота вращения двигателя, мин^{-1} ;
 $i_{к.п.}$ – передаточное отношение коробки подач;
 $t_{х.в.}$ – шаг ходового винта, мм;
 m – модуль зубьев, мм;
 z – число зубьев колеса;
 $\pi = 3,14$.

В случае, когда движение подачи имеет привод от цепи главного движения, мм/мин

$$S = 1 \text{ оборот шпинделя} \cdot i_{к.п.} \cdot \left\{ \frac{t_{х.в.}}{\pi \cdot m \cdot z} \right\}. \quad (22)$$

5.3. Механизмы для получения прерывистых движений

Механизмы периодических движений используют в кинематических цепях долбежных, строгальных шлифовальных и др. станков, которые обеспечивают приведение в движение исполнительных органов и вспомогательных механизмов, выполняющих периодические перемещения в рабочем цикле станка. Задачей таких механизмов является преобразование непрерывных движений в периодические вращательные или поступательные с заданными частотой и амплитудой. Наиболее часто в качестве механизмов периодических движений используют кулачковые, храповые и мальтийские механизмы, а также механизмы с применением зубчатых секторов.

Храповые механизмы (рис. 20) используют для создания периодических движений, которые согласуются с другими периодическими движениями и совершаются в период, когда резание не происходит (вспомогательный ход, перебег). Эти механизмы применяют на поперечно- и продольно-строгальных станках для вы-

полнения движения подачи, на шлифовальных – для перемещения шлифовального круга и механизма правки.

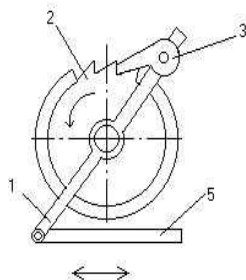


Рис. 20. Храповый механизм

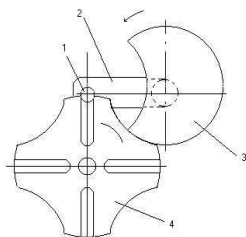


Рис. 21. Мальтийский крест

Конструктивно – храповый механизм состоит из поворотного рычага 1 с собачкой 3, храпового колеса 2, закрепленного на валу, с ограничителем 5. При вращении от шатуна поворотный рычаг 1 своей собачкой 3 захватывает k зубьев храпового колеса 2 и при обратном ходе шатуна, зацепляясь собачкой за один из зубьев колеса, поворачивает его вместе с валом на заданный угол.

Мальтийские механизмы используют для периодического поворота на постоянный угол устройств станка, несущих инструменты и заготовки (револьверные головки, шпиндельные блоки токарных автоматов, многопозиционные столы агрегатных станков и т.д.). Конструктивно мальтийский механизм (рис. 21) состоит из водила 2 с пальцем 1 и фиксирующим сегментом 3 и мальтийского креста 4 в виде диска или чашки с z пазами и фиксирующими вырезами. За один оборот водила крест 4 поворачивается на $1/z$ часть окружности. После выхода пальца 1 водила из паза мальтийского креста фиксирующий сегмент заходит в вырез диска и фиксирует его до тех пор, пока палец 1 не войдет в следующий паз.

В механизмах с зубчатым сектором ведущее колесо выполнено так, что зубья располагаются не по всему периметру окружности, а только на заданном сегменте, ведомое же колесо обычного исполнения. В этом случае движение происходит только при входе в зацепление зубчатого сектора. Применяется в автоматах и полуавтоматах.

6. ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

6.1. Корпусные детали

Конструктивно металлорежущий станок представляет собой совокупность узлов и механизмов, обеспечивающих технологически необходимые движения исполнительных органов и обладающих достаточными прочностью и жесткостью в условиях длительного действия эксплуатационных нагрузок. Традиционно основные узлы и механизмы станка располагают на станине, являющейся базовым узлом станка. В зависимости от служебного назначения узлы и механизмы либо неподвижны, либо перемещаются относительно станины. Взаимное расположение основных узлов и механизмов представляет компоновку станка, которая отражает метод обработки, характер движений формообразования и кинематическую структуру.

С точки зрения компоновки станки представляют собой совокупность стационарного и подвижных блоков, состоящих, в свою очередь, из узлов и механизмов. Например, в стационарный блок токарного станка входят станина, передняя бабка, коробка подач и задняя бабка. Представление станка в виде блоков позволяет обозначить его как сочетание символов в структурной формуле компоновки.

К корпусным деталям металлорежущих станков относят станины, суппорты, столы, планшайбы, консоли, салазки, ползуны, револьверные головки и т.п. Объединяет эти детали то, что они являются элементами несущей системы, через которые происходит замыкание сил, возникающих между инструментом и заготовкой при резании. На долю корпусных деталей приходится 80–85% массы станка. Эти детали выполняются обычно в виде отливок из серого чугуна. Широкое применение чугуна объясняется их высокой технологичностью, значительной износостойкостью и хорошими демпфирующими свойствами, которые обеспечиваются его структурой, представляющей сочетание металлической основы и графитовых включений.

В оправданных случаях станины делают сварными из листовой стали Ст. 3 и Ст. 4, а иногда даже железобетонными. Большинство станин представляют собой конструкцию коробчатой формы, которая обеспечивает оптимальные сочетания массы, жесткости и виброустойчивости. Повышению жесткости и виброустойчивости способ-

ствует также наличие ребер и перегородок в конструкции станин и прочих корпусных деталей. В отдельных случаях для повышения виброустойчивости внутренние замкнутые полости станин оставляют после литья заполненными стержневой смесью. В то же время в боковых стенках станин приходится выполнять окна и проемы для отвода стружки, доступа к размещенным во внутренних полостях бакам СОЖ, элементам гидропривода и аппаратуры управления. Станины и закрепленные на них детали неподвижны, а столы, планшайбы и суппорты, несущие на себе заготовки либо инструменты, совершают исполнительные движения.

На поверхностях столов и планшайб выполняют специальные Т-образные пазы, используемые для установки и закрепления заготовок и приспособлений специальными болтами. У столов с прямолинейной траекторией перемещения Т-образные пазы делают параллельными или перпендикулярными этой траектории. У вращающихся планшайб эти пазы обычно радиальные либо круглые. Токарные, карусельные, зубофрезерные и строгальные станки имеют суппорты для закрепления инструментов и сообщения им исполнительных движений. Суппорты оборудуют резцедержателями, специальными патронами и револьверными головками с комбинированными резцедержателями, в которых закрепляются инструменты и инструментальные блоки. Важнейшими элементами станин являются основные базовые поверхности станка – направляющие и плоскости прилегания. По направляющим перемещаются подвижные узлы станка, а на плоскостях прилегания жестко крепят неподвижные узлы, механизмы и детали. Направляющие выполняют либо прямолинейными, либо кольцевыми с вертикальным, горизонтальным либо наклонным положением в пространстве. Важнейшими требованиями к направляющим и плоскостям прилегания являются: высокая точность изготовления рабочих поверхностей и малое отклонение их взаимного расположения.

В металлорежущих станках применяют направляющие скольжения, качения и комбинированные направляющие. Направляющие скольжения могут быть с полужидкостной, жидкостной и газовой смазкой.

В станкостроении находят применение несколько нормализованных форм поперечных сечений направляющих: прямоугольные, треугольные, трапециевидные, круглые. Большинство из них одинаково успешно используют как в направляющих скольжения, так и в направляющих качения.

Различают следующие формы направляющих:

- охватываемые, имеющие технологичный выпуклый профиль, который плохо удерживает смазочный материал, но не скапливает стружку;

- охватывающие, имеющие вогнутый профиль, который хорошо удерживает смазочный материал, но требует надежной защиты от загрязнений.

Направляющие, с одной стороны, определяют точность обработки на станке, а с другой – подвержены эксплуатационному изнашиванию, снижающему эту точность. Поэтому предпринимают различные меры для повышения их долговечности. Наряду с применением для изготовления направляющих износостойких материалов и использованием совершенных систем смазывания в современных станках широко распространены различные конструкции, защищающие направляющие от воздействия стружки и абразивных частиц.

6.2. Шпиндельные узлы

Шпиндельные узлы металлорежущих станков в значительной степени определяют точность и производительность обработки, которые, в свою очередь, зависят от точности вращения шпинделя, его жесткости и виброустойчивости. Точность вращения характеризуется радиальным и осевым биениями Δ переднего конца шпинделя, в среднем биение не должно превышать одной трети допуска Δ_d на изготавливаемую деталь $\Delta \leq \Delta_d/3$. Жесткость шпиндельного узла определяется по деформации под нагрузкой (радиальной и осевой) переднего конца шпинделя.

Виброустойчивость определяется амплитудой колебаний переднего конца шпинделя и может быть оценена разностью между собственной частотой шпиндельного узла (обычно не ниже 500–600 Гц) и частотой вынужденных колебаний, равных частоте вращения шпинделя. Для обеспечения безвибрационного режима эта разность должна составлять 25–30%. Шпиндельный узел состоит из шпинделя, шпиндельных опор и системы подачи смазочного материала к опорам. На рабочем торце (передний конец) шпинделя выполнены присоединительные поверхности для установки и закрепления инструментов и шпиндельной оснастки (патроны, планшайбы и т.п.). Для каждой группы станков формы передних концов шпинделей стандартизованы. Шпиндели изготавливают из конструкционных сталей с поверхностной (стали 45, 50, 40Х, твердость 48-56 HRC) или объемной (стали 50Х, 40ХГР, твердость 56-60 HRC3) закалкой. Применяют цементируемые стали 20Х, 18ХГТ, 12ХН3А с последующей закалкой (до 56-60HRC) и азотируемые стали 38Х2МЮА, 38ХВКЮА с закалкой до твердости 63-68 HRC. В отдельных случаях полые шпиндели большого диаметра делают из чугуна СЧ 20.

Важнейшими элементами шпиндельных узлов являются опоры, представляющие собой либо подшипники качения, либо подшипники скольжения. Экономичность, удобство обслуживания и простота регулирования зазора - натяга явились причинами более широкого распространения в станках подшипников качения. В тех случаях, когда подшипники качения не могут обеспечить требуемые точность и долговечность шпиндельного узла, используют подшипники скольжения. Жесткость шпиндельных узлов может быть существенно увеличена путем создания натяга в подшипниках качения. Натяг можно создавать смещением в осевом направлении наружных колец относительно внутренних либо радиальным деформированием внутреннего кольца, возникающим при смещении внутреннего кольца на конической шейке шпинделя. Для защиты подшипников от пыли, грязи и охлаждающей жидкости используют специальные шпиндельные уплотнения, которые препятствуют также вытеканию смазочного материала. Преимущественное применение в шпиндельных узлах имеют бесконтактные лабиринтные уплотнения, которые снижают выделение теплоты и практически не изнашиваются.

6.3. Передаточные механизмы прямолинейного движения

Прямолинейное движение может быть осуществлено механическими, гидравлическими и электрическими способами. В металлорежущих станках к механизмам прямолинейного движения можно отнести реечные, винтовые и кулачковые.

Кривошипно-кулисные механизмы применяют для преобразования вращательного движения в прямолинейное возвратно-поступательное. Кривошипный привод (рис. 22, а) работает следующим образом. От вращающегося кривошипного диска 1 с радиально-подвижным пальцем 2 движение через раздвижной шатун 3, качающийся рычаг 4 с зубчатым сектором передается круглой рейке 5, закрепленной на шпинделе 6. За счет радиального перемещения пальца 2 можно регулировать ход шпинделя 6, а за счет изменения длины шатуна 3 – крайние положения инструмента, закрепленного на шпинделе. Кривошипный привод применяют, например, в зубодолбежных станках.

Кулисный привод изображен на рис. 22, б. Кривошипное зубчатое колесо 1 получает вращение и через палец 2 сообщает качательное движение рычагу 3, который шарнирно связан с ползуном 4, совершающим возвратно-поступательное движение. Ход ползуна 4 регулируется изменением положения пальца 2 на зубчатом колесе 1.

Кулисный привод находит широкое применение в долбежных и поперечно-строгальных станках. Он обеспечивает хорошую плавность хода рабочего органа станка, однако имеет неравномерную скорость рабочего хода и постоянное соотношение между временем рабочего и вспомогательных ходов.

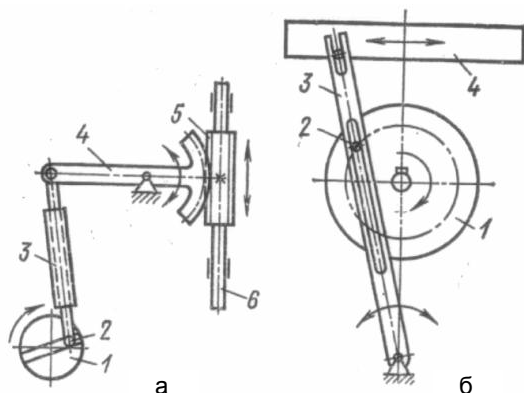


Рис. 22. Кривошипно-кулисные механизмы:
а – кривошипный; б – кулисный

Реечные передачи используют в приводах формообразующих и вспомогательных движений. В этих передачах за один оборот реечной шестерни с числом зубьев z рейка перемещается на расстояние $S = \pi \cdot m \cdot z$. По сравнению с реечными червячно-реечные передачи обеспечивают большую плавность. Червяк в этих передачах может располагаться параллельно или под углом к рейке.

В механизмах винт-гайка реализуется либо трение скольжения (характеризуемое большими потерями на трение и износ), либо трение качения. При трении качения винт контактирует с гайкой через катящиеся шарики (ролики). Шарики прокатываются по винтовым канавкам винта и гайки, периодически проходя канал возврата (рис. 23). Эти передачи имеют устройства для устранения зазоров и создания предварительного натяга, что в станках с ЧПУ обеспечивает динамическую устойчивость и точность отработки перемещений.

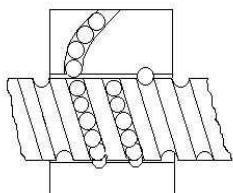


Рис. 23. Шариковинтовая передача

Кулачковые механизмы (рис. 24), преобразующие вращательное движение в поступательное, находят применение, главным образом, в автоматах.

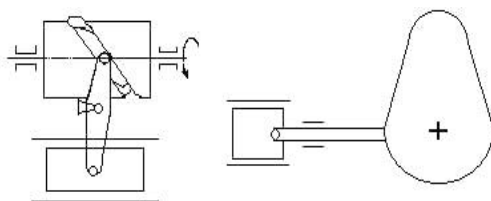


Рис. 24. Кулачковый механизм

Изменение положения рабочего профиля вращающих цилиндрических или плоских кулачков преобразуется системой рычагов и зубчатых передач в поступательное перемещение исполнительных органов (суппортов, головок и т.д.).

Особое место среди механизмов прямолинейного движения занимают устройства малых перемещений, применяемые в прецизионных станках. Работа этих устройств основана на деформировании передающих звеньев. Так, в упругосиловом приводе перемещение происходит благодаря упругому деформированию приводного звена (мембраны) при увеличении давления в гидросистеме. В термодинамическом устройстве использовано тепловое расширение стержня, связанного одновременно с неподвижным и подвижным ведомыми узлами станка и др.

6.4. Реверсивные механизмы

Реверсивные механизмы (рис. 25) являются составными элементами кинематической цепи, передающей движение от двигателя к исполнительному органу. Эти механизмы могут не только изменять направление движения, но и изменять передаточные отношения при реверсировании (рис. 25, г). По принципу работы реверсивные механизмы делят на механизмы с постоянно зацепляющимися зубчатыми колесами (рис. 25, а, б) и механизмы с периодически зацепляющимися колесами (рис. 25, в, г).

Первые допускают использование косозубых колес и исключают повышенный износ торцов зубьев при переключениях, поэтому их применяют чаще. В реверсивных механизмах с постоянно зацепляющимися колесами переключение обычно производится двусторонними фрикционными муфтами.

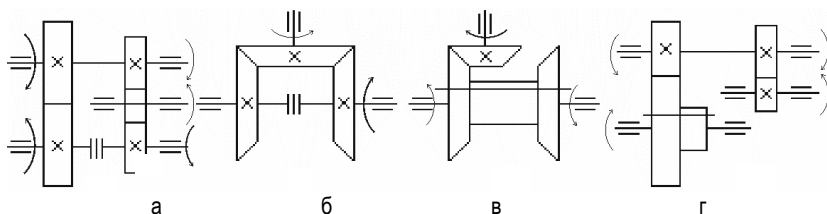


Рис. 25. Схемы реверсивных механизмов

Наряду с механическим реверсированием в металлорежущих станках широко применяют электрическое реверсирование - путем изменения направления вращения электродвигателя привода и гидравлическое - путем изменения с помощью золотниковых гидрораспределителей направления течения рабочей жидкости в гидродвигателе.

В некоторых моделях зубообрабатывающих станков нашли применение зубчатые механизмы, преобразующие вращательное движение колеса 1 в прямолинейное возвратно-поступательное (рис. 26) или возвратно-вращательное (рис. 27) движение ползуна, салазок, стола, люльки и т.д.

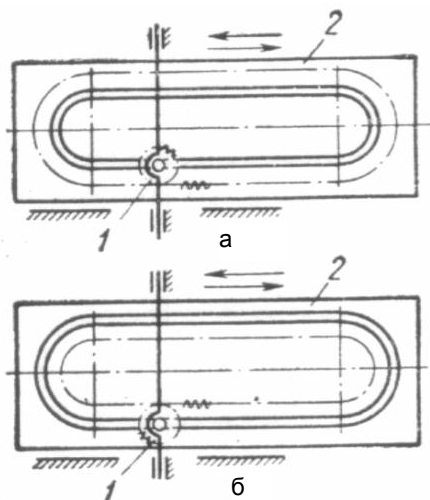


Рис. 26. Схема реверсивного зубчатого механизма для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное

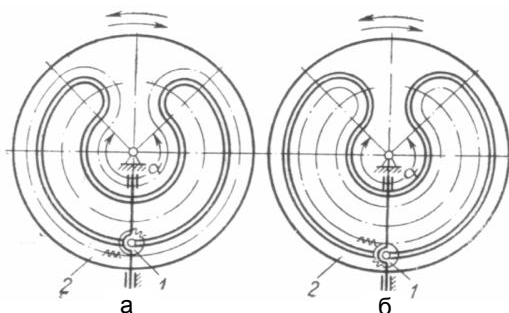


Рис. 27. Схема реверсивного зубчатого механизма для преобразования вращательного движения в возвратно-вращательное (качательное)

6.5. Муфты

Муфты в станках используют для соединения вращающихся валов и в зависимости от конкретных условий применяют: для постоянного соединения валов; для периодического соединения и разъединения валов (сцепные муфты); для предотвращения аварий при недопустимом возрастании нагрузки (предохранительные); для передачи вращения только в заданном направлении (обгонные).

При отсутствии отклонений от соосности для соединения валов используют постоянные муфты в виде жесткой втулки.

Во многих случаях в качестве сцепных муфт используют муфты, передающие крутящий момент через диски трения.

Обгонные муфты (роликовые) передают крутящий момент при вращении звеньев кинематической цепи в заданном направлении и разъединяют цепь при вращении в обратную сторону (рис. 28).

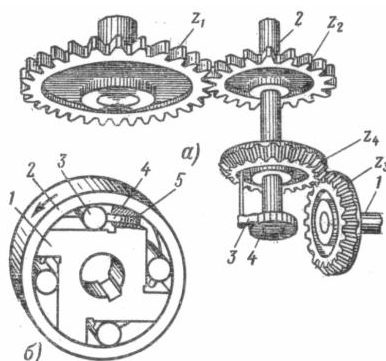


Рис. 28. Муфты обгона: а – храпового типа; б – роликового типа

В качестве муфт обгона можно использовать храповые механизмы (см. рис. 28, а). Вал 2 вращается от вала 1 через конические колеса $\frac{z_3}{z_4}$ и храповый механизм (колесо z_4 свободно посажено на валу 2). Если одновременно включить цепь быстрого хода через передачу $\frac{z_1}{z_2}$, то вал 2 вместе с храповым колесом будет вращать-

ся быстрее зубчатого колеса z_4 и собачка 3 будет проскальзывать. Муфта обгона роликового типа (см. рис. 28, б) состоит из закрепленного на валу корпуса (звездочки) 1, наружного кольца или втулки 2, связанной или составляющей одно целое с зубчатым или червячным колесом, шкивом и т.п., и нескольких роликов 3, помещенных в вырезах корпуса 1. Каждый ролик отжимается одним-трем, в зависимости от длины ролика, штифтами 4 с пружинами 5 в направлении к узкой части выемки между деталями 1 и 2. Если, например, ведущей частью является втулка 2, то при вращении ее в сторону, указанную на рисунке стрелкой, ролики увлекаются трением в узкую часть выемки и заклиниваются втулкой и корпусом муфты. В этом случае корпус 1 и связанный с ним вал будут вращаться с угловой скоростью втулки 2. Если при продолжающемся движении втулки 2 против часовой стрелки валу и корпусу 1 сообщить движение по другой кинематической цепи, направленное в ту же сторону, но имеющее скорость, большую по величине, чем скорость втулки 2, то ролики переместятся в широкую часть выемки и муфта окажется расцепленной. При этом детали 1 и 2 будут вращаться каждая со своей скоростью.

Предохранительные муфты разделяют на муфты с разрушаемым элементом – срезным штифтом и на муфты со смещаемыми под действием предельной нагрузки элементами (кулачковые, шариковые и фрикционные). Наиболее широкое распространение в приводах главного движения, подачи и вспомогательных перемещений получили электромагнитные муфты. Их использование позволяет автоматически проводить переключение передач, торможение и реверсирование под нагрузкой.

6.6. Суммирующие механизмы

В качестве суммирующих механизмов в металлорежущих станках применяют планетарные передачи.

Планетарной называют зубчато-реечную передачу, в которой часть зубчатых колес (сателлитов) перемещается со своими осями

относительно центрального колеса вместе с водилом. Звено, на котором установлены зубчатые колеса с подвижными осями, называют водилом. Сателлит – зубчатое колесо с подвижной осью вращения, которое одновременно вращается вокруг своей оси и совершает движение вместе с водилом. При подвижном водиле сателлиты, вращаясь вокруг своих осей, в то же время вращаются вместе с ними.

Неподвижную ось, около которой вращается или может вращаться водило, называют основной. Сцепляющиеся с сателлитами зубчатые колеса, оси которых совпадают с основной осью, называют центральными. При неподвижном водиле планетарная передача превращается в простую. Планетарные механизмы, в которых подвижны все три основных звена, называют дифференциальными или дифференциалами.

Планетарные передачи позволяют получать широкий диапазон передаточных отношений и осуществить сложение (алгебраическое) движений. К достоинствам планетарных передач относят малые размеры и массу механизма, незначительные потери на трение.

Планетарная передача с цилиндрическими колесами показана на рис. 29, а. У этой передачи колеса z_1 и z_4 являются центральными, z_2 и z_3 – сателлитами, а звено 1 – водилом. Планетарные передачи с коническими колесами (рис. 29, б, в) широко распространены в станкостроении. У этих передач из трех звеньев любые два могут быть ведущими, а третье – ведомым. Дифференциал состоит из центральных z_1 и z_4 , сателлитов z_2 и z_3 и водила 1. Как правило, зубчатое колесо z_4 вращается с большой скоростью (основная), а z_1 с меньшей (добавочная). Вращение колесу z_1 передается от червячной пары 2.

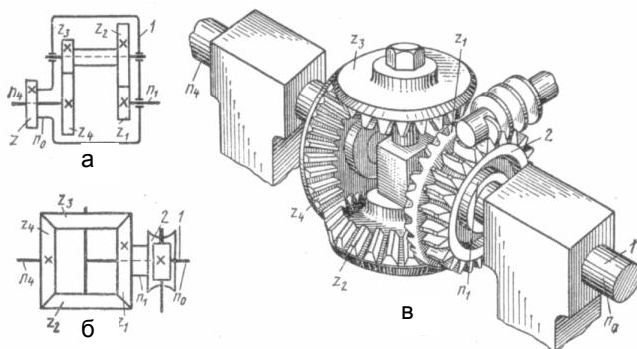


Рис. 29. Планетарные передачи

6.7. Тормозные устройства

В металлорежущих станках тормоза применяют для остановки и замедления движущихся звеньев и отдельных механизмов станка. Торможение может быть электрическим, механическим, гидравлическим или пневматическим и комбинированным. Основными видами механических тормозов являются ленточные, колодочные и дисковые тормоза.

Тормоза применяют на быстроходных коробках.

6.8. Механизмы и системы управления в металлорежущих станках

В современных станках системы управления объединяют электрические, гидравлические, пневматические и механические устройства для безопасной и автоматической работы системы управления.

К системам управления предъявляют требования по безопасности, легкости и удобству манипулирования, скорости и мнемоничности системы, точности и автоматизации. Мнемоничностью называют согласованность направления движения руки с направлением движения управляемой части станка.

Обычно системы управления состоят из: управляющего органа, действующего от руки или ноги оператора, от упора, кулачка или копира; передающего органа в виде механической, электрической, электронной, гидравлической или пневматической передач; исполнительного механизма (вилки, рейки, рычага и др.).

Существуют многорычажные (рис. 30) и однорычажные (рис. 31) системы управления.

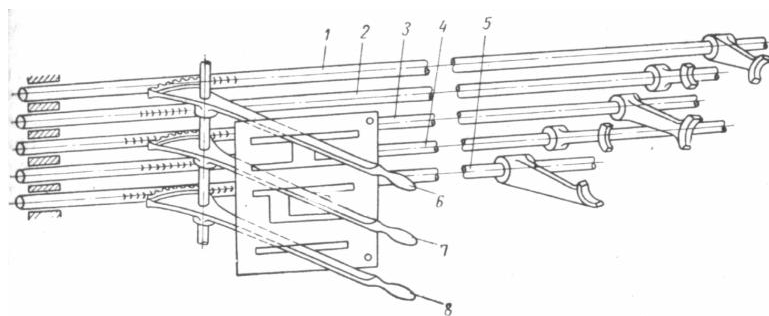


Рис. 30. Многорычажное управление

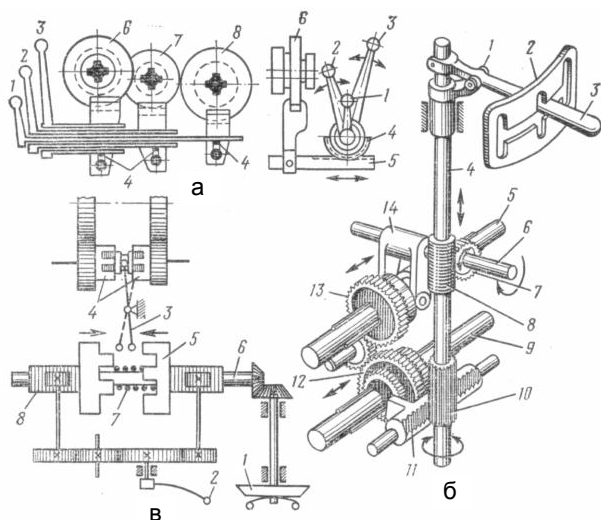


Рис. 31. Механизмы управления

Для того, чтобы сократить затраты времени на переключения, т.е. уменьшить вспомогательное время, на станках применяют так называемые преселективные системы управления (см. рис. 31, в). Эти системы позволяют предварительно выбирать необходимую скорость для следующего перехода еще во время выполнения предыдущего.

В станках широко применяют дистанционное управление, когда пульт управления станком расположен на расстоянии от управляемых механизмов. Системы дистанционного управления могут быть электромеханическими, электрогидравлическими и др.

6.9. Блокировочные устройства, ограничители хода и устройства для предохранения станка от перегрузок

Блокировочные устройства предназначены для предотвращения одновременного включения нескольких механизмов, совместная работа которых недопустима. Конструкции блокировочных устройств чрезвычайно разнообразны. На рис. 32 показана схема замочной блокировки двух соседних рукояток на параллельных валах.

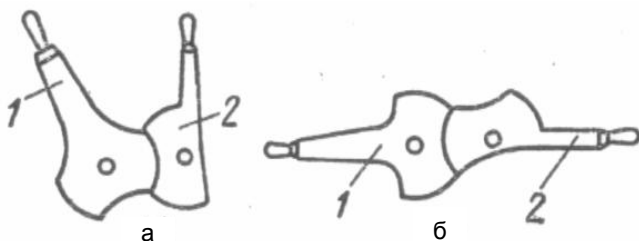


Рис. 32. Блокировочные устройства

Ограничители хода могут быть предельными и размерными. Предельные ограничители хода устанавливают с таким расчетом, чтобы движущаяся часть станка не доходила до опасного конечного положения на 3-4 мм, поэтому для них достаточна точность $\pm 0,5-1$ мм. Размерные ограничители должны, как правило, ограничивать ход значительно точнее, так как от этого зависит точность размеров обработанной на станке детали.

Принцип работы механических систем точного ограничения хода состоит в том, что движущаяся часть станка в определенной точке пути встречает жесткий упор, в результате чего кинематическая цепь привода движущейся части станка разрывается. На рис. 33 салазки 2 при встрече с жестким упором 1 останавливаются и фрикционная муфта 3 начинает буксовать. Так продолжается до тех пор, пока не будет выключен электродвигатель или не произведут реверсирование движения.

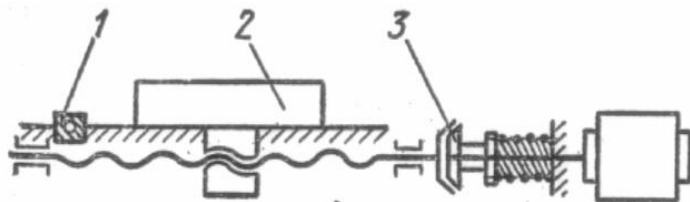


Рис. 33. Ограничитель хода

Схема устройства с падающим червяком показана на рис. 34. Движение подачи сообщается подвижной части станка от ходового вала 2 через передачу $\frac{z_1}{z_2}$ валик 3, универсальную муфту (кардан)

и вал 4, на котором свободно установлен червяк 5, связанный с этим валом предохранительной перегрузочной муфтой 6. Когда салазки подвижной части касаются жесткого упора 1, червячное колесо 9 и червяк 5 прекращают вращение, а благодаря возрастающему крутящему моменту выключается предохранительная муфта. Ее подвижная часть, перемещаясь вправо, поворачивает рычажную систему 8, а люлька 7 вместе с червяком падает под собственным весом, т.е. происходит разъединение червячной пары.

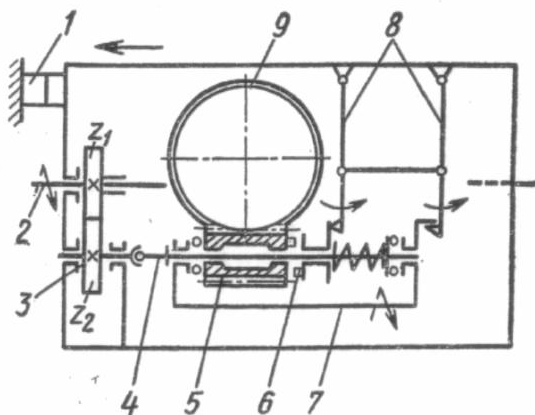


Рис. 34. Устройство с падающим червяком

Устройства для предохранения от перегрузок подразделяются на электрические, гидравлические, механические или комбинированные.

7. ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

7.1. Электродвигатели

Большинство металлорежущих станков приводится в движение асинхронными электродвигателями трехфазного тока, которые просты в исполнении и надежны в эксплуатации. Конструктивные формы асинхронных электродвигателей зависят от способа их крепления и формы защиты от воздействия окружающей среды. Электродвигатель нормального исполнения на лапах показан на рис. 35, а. Широко применяют фланцевые электродвигатели (рис. 35, б) для горизонтальной и вертикальной установок. Также используют встроенные электродвигатели. В этом случае валом электродвигателя служит один из валов станка (часто шпиндель). Электродвигатели рассчитаны на напряжение 127, 220 и 380 В. Один и тот же электродвигатель можно включать в сети с разными напряжениями, отличающимися друг от друга в $\sqrt{3}$ раз (например, в сети с напряжением 127 и 220, 220 и 380 В). При этом для меньшего из двух напряжений статор электродвигателя включают треугольником, для большего - звездой. Сила тока в фазовых обмотках электродвигателя в обоих случаях будет при таком включении одна и та же. Кроме того, выпускают электродвигатели на 500 В. Обмотку статора такого электродвигателя включают на постоянное соединение звездой.

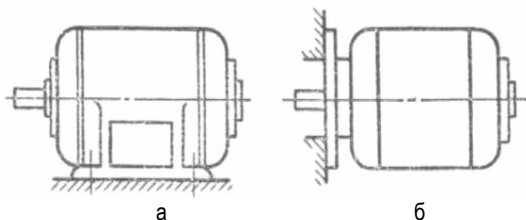


Рис. 35. Электродвигатели: а – на лапах; б – фланцевый

Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором выпускают с номинальной мощностью 0,6-100 кВт на синхронные частоты вращения 600, 750, 1000, 3000 мин⁻¹. Частоту вращения можно повысить, увеличив частоту переменного тока.

Для получения максимально высоких частот вращения (например, при шлифовании кругами малых диаметров) часто применяют электрошпиндели. Электрошпиндель представляет собой шлифовальный шпиндель с встроенным асинхронным короткозамкнутым электродвигателем повышенной частоты.

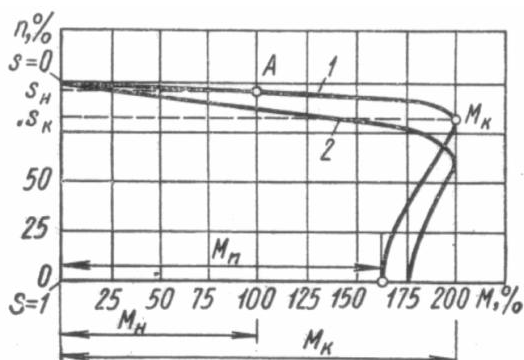


Рис. 36. Механическая характеристика электродвигателя

Механическая характеристика электродвигателя – зависимость частоты вращения n от момента M на его валу.

Электродвигатели бывают с мягкой, жесткой и абсолютно жесткой механической характеристикой. У электродвигателей с мягкой характеристикой изменение момента вызывает значительное изменение частоты вращения вала. Если это изменение не влечет за собой заметного изменения частоты вращения, характеристику называют жесткой. При абсолютно жесткой характеристике частота вращения электродвигателя не зависит от нагрузки.

Механическая характеристика электродвигателя характеризуется скольжением s , которое выражает относительное падение частоты вращения электродвигателя при переходе от работы без нагрузки ($M = 0$) к наибольшей (критической) нагрузке $M = M_K$:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}, \quad (23)$$

где n_0 – скорость вращения магнитного поля (синхронная частота вращения электродвигателя), с^{-1} и мин^{-1} ;

n – частота вращения ротора (асинхронная), с^{-1} и мин^{-1} .

Приближенно момент асинхронного электродвигателя

$$M = \frac{2M_{\kappa}}{s/s_{\kappa} + s_{\kappa}/s}, \quad (24)$$

где M_{κ} – критический (наибольший нагрузочный) момент электродвигателя;

s_{κ} – критическое скольжение, соответствующее моменту M_{κ} .

Механические характеристики асинхронного электродвигателя, построенные по формуле крутящего момента, показаны на рис. 36. При $n = n_0$ момент $M = 0$. Этот случай синхронного вращения соответствует идеальному холостому ходу машины.

В первый момент пуска электродвигателя, когда ротор еще неподвижен и $s = 1$, электродвигатель развивает пусковой (начальный) момент M_{Π} , который больше номинального момента M_n .

Значения M_{κ} и s определяют критическую точку (максимум) механической характеристики. Точка А соответствует номинальной нагрузке.

Участок характеристики от точки идеального холостого хода до критической точки называют рабочей частью механической характеристики. Только на этом участке возможна устойчивая работа асинхронного электродвигателя при нагрузке. Номинальное скольжение зависит от номинальной мощности, типа электродвигателя и находится в пределах 0,02-0,12. При этом электродвигатели большей мощности имеют меньшее скольжение.

Кроме асинхронных электродвигателей нормального исполнения выпускают электродвигатели с повышенным скольжением (0,07-0,16) и пусковым моментом. Электродвигатели с нормальным скольжением имеют жесткую характеристику (кривая 1), и их применяют в большинстве станков, а электродвигатели с повышенным скольжением имеют мягкую характеристику (кривая 2), и их применяют в приводах станков с частым включением электродвигателя и значительной нагрузкой при пуске. При прочих равных условиях электродвигатель с мягкой характеристикой имеет меньшую номинальную частоту и больший пусковой момент M_{Π} .

В каталогах обычно приводят следующие основные данные асинхронных двигателей: номинальная мощность на валу N_n , кВт; номинальная частота вращения n , мин⁻¹; синхронная частота вращения n_0 , мин⁻¹; отношения M_{κ} / M_n и M_{Π} / M_n .

При пуске электродвигателя с короткозамкнутым ротором сила пускового электрического тока превышает номинальное значение в 4-8 раз. Резкое увеличение силы пускового электрического тока

вызывает в сети понижение напряжения. Если при пуске электродвигателя большой мощности напряжение значительно понизится, то уменьшится его пусковой момент, а другие электродвигатели, работающие в это время с перегрузкой, могут остановиться (перейти в режим короткого замыкания). Поэтому асинхронный электродвигатель можно пускать без применения средств, ограничивающих силу пускового тока, лишь в том случае, когда номинальная мощность электродвигателя составляет не более 25% мощности трансформаторов, питающих сеть цеха. Асинхронные электродвигатели с фазовым ротором запускают с помощью реостата, включенного в цепь ротора.

Частоту вращения ротора асинхронного электродвигателя можно регулировать, изменяя частоту электрического тока, скольжение или число пар полюсов. Первым способом можно регулировать частоту вращения ротора только при наличии отдельного генератора переменного тока для питания электродвигателя. Во всех остальных случаях частота переменного тока в сети является постоянной величиной. Регулирование частоты вращения путем изменения скольжения осуществляется введением активного сопротивления в цепь ротора, что возможно только у электродвигателей с фазовым ротором. В металлорежущих станках (особенно в многоскоростных электродвигателях) широко применяют способ регулирования частоты вращения путем изменения числа пар полюсов.

Реверсирование электродвигателей осуществляют путем переключения любых двух внешних зажимов (фаз) электродвигателя.

7.2. Электродвигатели постоянного тока

Электродвигатели постоянного тока с параллельным возбуждением (шунтовые) широко применяют в станкостроении. Их включают по схеме, показанной на рис. 37, обмотка якоря *Я* подключена к сети через пусковой реостат 1, а обмотка возбуждения ОВД – через реостат 2, служащий для изменения частоты вращения.

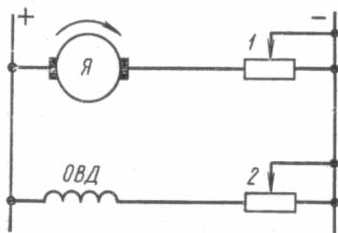


Рис. 37. Схема включения электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

Для электродвигателей постоянного тока момент M , Н м, на валу электродвигателя и частота вращения n , мин⁻¹, соответственно:

$$M = k \cdot I_{\text{я}} \cdot \Phi;$$

$$n = \frac{(U - I_{\text{я}} \cdot r_{\text{я}})}{c \cdot \Phi}, \quad (25)$$

где $k = 0,05 \dots 0,12$ – коэффициент пропорциональности;

U – напряжение сети, В;

$I_{\text{я}}$ – сила тока в цепи якоря, А;

$r_{\text{я}}$ – сопротивление цепи якоря, Ом;

c – постоянная данного электродвигателя;

Φ – магнитный электрический поток электродвигателя, Вб.

Механические характеристики электродвигателя приведены на рис. 38. Линия 1 соответствует естественной механической характеристике. Относительно малое сопротивление обмотки якоря обуславливает достаточную жесткость естественной характеристики электродвигателя с параллельным возбуждением. На рисунке это отражено небольшим наклоном линии 1. Во время работы электродвигателя можно увеличить сопротивление реостата $1'$, тогда общее сопротивление цепи якоря возрастет (наклон линии увеличится). Таким образом, получают несколько искусственных реостатных характеристик 2-4.

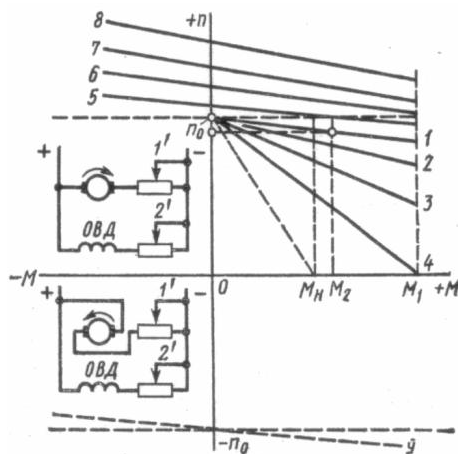


Рис. 38. Механические характеристики электродвигателя постоянного тока

Потери мощности в цепи возбуждения зависят от мощности электродвигателя и лежат в пределах 1-8%, увеличиваясь с уменьшением мощности электродвигателя.

Механическая характеристика, соответствующая измененной полярности якоря электродвигателя, при которой изменяется направление действия момента в двигательном режиме, показана линией 9.

Пуск двигателя с параллельным возбуждением осуществляют только с помощью пускового реостата.

Частоту вращения вала электродвигателей постоянного тока регулируют тремя способами: изменением сопротивления цепи якоря, изменением подводимого к электродвигателю напряжения и изменением магнитного потока. Первый способ малоэкономичен, и его применяют редко.

Регулирование частоты вращения вала изменением магнитного потока является наиболее распространенным. Величина потока изменяется реостатом 2' (см. рис. 38). Увеличивая его сопротивление, уменьшают силу тока возбуждения и магнитный поток, что приводит к увеличению частоты вращения. Таким образом, при уменьшении магнитного потока механические характеристики представляют собой несколько прямых линий (5-8), не параллельных естественной характеристике и имеющих тем больший наклон, чем меньшим потокам они соответствуют. Число их зависит от числа секций на реостате 2'. При большом числе секций на регулировочном реостате частота вращения регулируется практически бесступенчато.

Регулирование частоты вращения изменением подводимого напряжения требует применения специальных схем, и его используют в системах генератор-электродвигатель.

Электродвигатели постоянного тока тормозят теми же способами, что и асинхронные электродвигатели. Торможение с рекуперацией осуществляют шунтовым реостатом, которым снижают скорость якоря до минимума. При этом электродвигатель работает в генераторном режиме, отдавая электрический ток в сеть. Окончательную остановку электродвигателя производят отключением его от сети.

При торможении электродинамическим способом, получившим наибольшее распространение, якорь электродвигателя отключают от сети и замыкают на нагрузочное сопротивление, а электрический ток включают через тормозной реостат.

При торможении противотоком изменяют направление электрического тока в цепи якоря.

7.3. Система генератор-электродвигатель

Систему генератор-электродвигатель применяют в тяжелых и мощных металлорежущих станках при частом реверсировании электродвигателей или при необходимости получения бесступенчатого регулирования частоты вращения скоростей или подачи. Эта схема облегчает также пуск станка. Система (рис. 39) состоит из асинхронного электродвигателя 2, питающегося от сети переменного тока, генератора постоянного тока 3, приводимого от электродвигателя 2, генератора (возбудителя) 1 постоянного тока с самовозбуждением, электродвигателя постоянного тока 4 для привода станка. Генератор 1 предназначен для независимого возбуждения машин 3 и 4.

Электродвигатель 4 пускают в ход шунтовым реостатом 6, включенным в цепь обмотки возбуждения генератора 3, путем уменьшения магнитного потока возбуждения генератора. Это позволяет получать на щетках генератора весьма малое напряжение, которое в дальнейшем постепенно повышается. По мере разгона электродвигателя 4 в нем появляется противоэлектродвижущая сила и шунтовой реостат постепенно выключается. Это приводит к увеличению напряжения генератора.

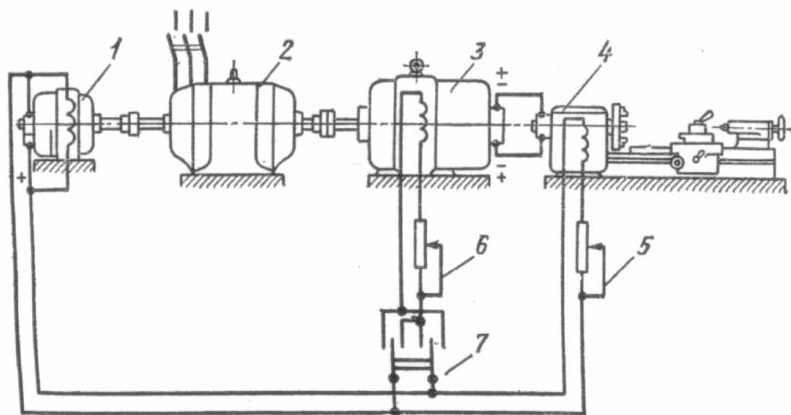


Рис. 39. Система генератор-электродвигатель

Система генератор-электродвигатель позволяет регулировать частоту вращения рабочего электродвигателя 4 двумя способами: изменением подводимого к рабочему электродвигателю напряжения с помощью реостата 6 (путем изменения магнитного потока ге-

нератора) и изменением магнитного потока возбуждения рабочего электродвигателя 4 с помощью регулировочного реостата 5. Реверсирование рабочего электродвигателя происходит при изменении напряжения электрического тока в обмотке возбуждения генератора 3 с помощью переключателя 7. Торможение производится по схеме рекуперации до полной остановки электродвигателя реостатом 5. В результате увеличивается магнитный поток рабочего электродвигателя, вследствие чего его ЭДС становится больше подводимого напряжения и электродвигатель переходит на работу в генераторном режиме.

Существенными недостатками системы генератор-двигатель являются низкий КПД (примерно 0,65), громоздкость и большая стоимость.

8. ГИДРОПРИВОД МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Широкое распространение получили станки с гидроприводом, который применяют в качестве привода главного движения и движения подачи станка, для переключения скоростей, торможения, зажима обрабатываемых деталей, автоматизации управления циклом работы станка и т.д. В таких станках, как шлифовальные, протяжные, копировально-фрезерные, поперечно-строгальные и другие, гидропривод становится основным видом привода. Под гидроприводом понимают совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов станков посредством рабочей жидкости, подаваемой под давлением.

Гидропривод позволяет существенно упростить кинематику станков, снизить их металлоемкость, повысить точность, надежность работы, а также уровень автоматизации. Производство гидроприводов в промышленно развитых странах постоянно расширяется. Гидроприводами оснащают более половины выпускаемых промышленных роботов.

Широкое применение гидропривода объясняется тем, что он дает возможность бесступенчато регулировать скорости в широких пределах, плавно реверсировать движущие органы станка, автоматически предохраняя его от перегрузки, легко обеспечивать смазывание и т.п. Гидрофицированные станки компактнее, их детали и узлы можно легко стандартизировать и нормализовать. Недостатками гидроприводов являются утечка рабочей жидкости через уплотнения и зазоры, проникновение воздуха в рабочую жидкость, изменение свойств рабочей жидкости в зависимости от температуры и времени и др.

В гидросистемах имеют место объемные, гидравлические и механические потери. Объемные потери обусловлены утечками рабочей жидкости в гидросистеме, гидравлические – снижением давления (внутренним трением масла), механические – трением сопряженных поверхностей. Полный КПД гидропривода равен

$$\eta = \eta_{об} \cdot \eta_z \cdot \eta_{мех}, \quad (26)$$

где $\eta_{об}$, η_z , $\eta_{мех}$ – объемный, гидравлический и механический КПД гидропривода соответственно.

Нормальная работа гидросистем во многом зависит от вида рабочей жидкости. Жидкость должна обладать достаточной вязкостью, быть однородной, иметь хорошую смазывающую способ-

ность, предохранять механизмы от коррозии, не окисляться, не образовывать отложений, не выделять паров, сохранять свои свойства при изменении температуры, давления, скорости и направления движения и должна удовлетворять требованиям пожарной безопасности. Таким требованиям наиболее полно отвечают минеральные масла и их смеси.

Основной характеристикой при выборе масел является индекс вязкости, который показывает изменение вязкости масла в зависимости от его температуры. Чем больше индекс вязкости, тем качественнее сорт масла, тем лучше оно очищено. Наилучшим для гидропривода станков является индекс вязкости масла 90. В маслах с высоким значением индекса вязкости меньше изменяется вязкость при повышении давления. Для улучшения эксплуатационных характеристик минеральных масел (улучшения смазочной способности, замедления процесса окисления, уменьшения пенообразования, снижения зависимости вязкости от температуры и др.) в них вводят специальные присадки - вещества, позволяющие изменять некоторые свойства, принципиально не изменяя строение компонентов основы.

Обычно гидропривод металлорежущего станка состоит из следующих основных частей: бака с рабочей жидкостью; гидронасоса, подающего рабочую жидкость в систему; гидроаппаратуры, предназначенной для изменения или поддержания заданного постоянного значения давления или расхода рабочей среды либо для изменения направления потока рабочей среды; гидроцилиндров для прямолинейного движения или гидромоторов для вращательного движения; трубопроводов, соединяющих элементы гидропривода в единую систему. Применяемые в станках гидроприводы работают давлением масла до 20 МПа.

При вычерчивании гидравлических схем используют условные обозначения, основные из которых приведены в прил. 2.

8.1. Гидронасосы

В гидроприводах станков для создания нужного давления применяют шестеренные, пластинчатые и поршневые насосы непрерывного действия с постоянной или регулируемой подачей жидкости. Основными параметрами насосов являются: рабочий объем V , подача Q , давление на входе p_n , крутящий момент M , мощность N , а также объемный $\eta_{об}$ механический $\eta_{мех}$ КПД.

Шестеренные насосы (рис. 40) изготавливают, как правило, не регулируемые и применяют в тех случаях, когда требуется сравнительно низкое давление масла. Шестеренный насос состоит из

ведущего 3 и ведомого 9 зубчатых колес, расположенных в корпусе 2. При вращении зубчатых колес масло в зону всасывания 1 затягивается сначала образующимся там вакуумом, а затем впадинами зубьев и переносится в зону нагнетания 10. Далее масло идет в гидросеть.

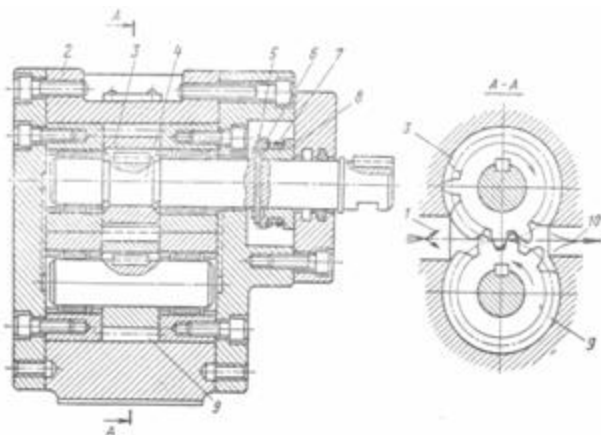


Рис. 40. Шестеренный насос

Пластинчатые насосы просты по конструкции, компактны, отличаются равномерностью подачи масла и относительно высоким КПД. Основными деталями пластинчатых насосов являются корпус, приводной вал с подшипниками и рабочий комплект (рис. 41), состоящий из распределительных дисков 1 и 7, статора 3, ротора 4 и пластин 5. Диски и статор зафиксированы в угловом положении относительно корпуса штифтом 9 и плотно прижимаются друг к другу пружинами, а также давлением масла в напорной линии. При вращении ротора 4, связанного через шлицевые соединения с приводным валом, в направлении, указанном стрелкой, пластины 5 центробежной силой и давлением масла, подведенного в отверстие 11, прижимаются к внутренней поверхности 10 статора 3, имеющей форму овала, и, следовательно, совершают возвратно-поступательное движение в пазах ротора. Во время движения пластин от точки А до точки В и от точки С до точки D объем камер, образованных двумя соседними пластинами, внутренней поверхностью статора, наружной поверхностью ротора и торцевыми поверхностями дисков 1 и 7, увеличивается и масло заполняет рабочие камеры через окна 2 и 12 диска 1, связанные со всасывающей линией. При движении пластин на участках ВС и AD объем камер

уменьшается и масло вытесняется в напорную линию гидросистемы через окна 6 и 8 диска 7.

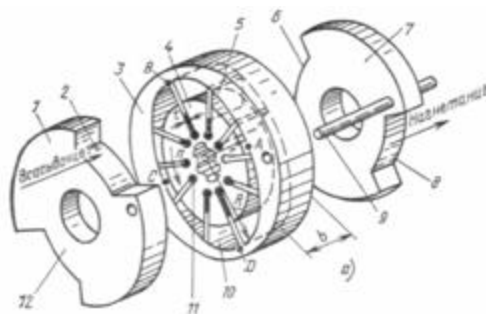


Рис. 41. Пластинчатый насос

Радиально-поршневые насосы применяют в приводах главного движения и подачи станков, где требуется регулируемая подача. Схема насоса с поршнями, расположенными в роторе 1 показана на рис. 42. Ротор вращается вокруг своей оси вместе с поршнями 2. Обойма 3, которой касаются головки поршней, расположена неподвижно и с эксцентриситетом относительно ротора. Вал ротора имеет две внутренние полости, изолированные друг от друга. Одна является всасывающей, другая – нагнетающей. При повороте на 180° каждый поршень, выдвигаясь из своего цилиндрического отверстия в роторе от центра к периферии, засасывает масло из половины центрального канала. При дальнейшем вращении ротора (от 180° до 360°) поршни, перемещаясь к центру, нагнетают масло в полость нагнетания.

Изменяя величину эксцентриситета, можно регулировать подачу насоса.

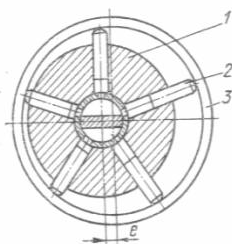


Рис. 42. Радиально-поршневой насос

В корпусе аксиально-поршневого насоса (рис. 43) размещен блок цилиндров 2 с поршнями 3, которые посредством шатунов 4 шарнирно связаны с подвижной наклонной шайбой 5, расположенной в неподвижной обойме 6. Шайба 5 шарнирно связана со шлицевым валом 7, на который насажен блок 2. Пружина 8 поджимает блок 2 к торцу корпуса 1. В корпусе имеется два канала (разделенных между собой перемычками): верхний – всасывающий, нижний – нагнетающий. Блок 2 и шайба 5 синхронно вращаются вокруг осей O_0 и O_1 , в результате чего поршни получают возвратно поступательное движение. В верхнем положении они производят всасывание масла, в нижнем – нагнетание. У регулируемых насосов такого типа угол α можно менять, контролируя тем самым подачу насоса.

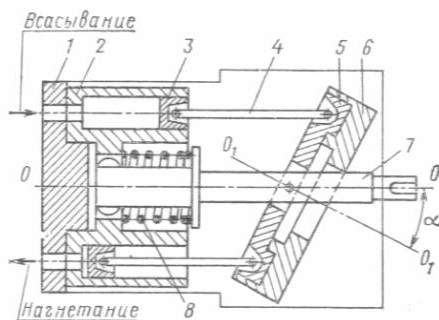


Рис. 43. Аксиально-поршневой насос

Выбор насоса производится исходя из тяговых усилий, давлений, рабочей скорости и способа ее регулирования, мощности гидропривода и требуемой производительности насоса.

8.2. Распределительная гидроаппаратура

Она служит для выполнения необходимых переключений направления потока жидкости по магистралям гидропривода. К ним относят гидрораспределители золотникового или кранового типа (рис. 44), а также некоторые гидроклапаны давления.

Гидрораспределители предназначены для изменения направления или пуска и остановки потока масла двух и более линий в зависимости от управляющего воздействия.

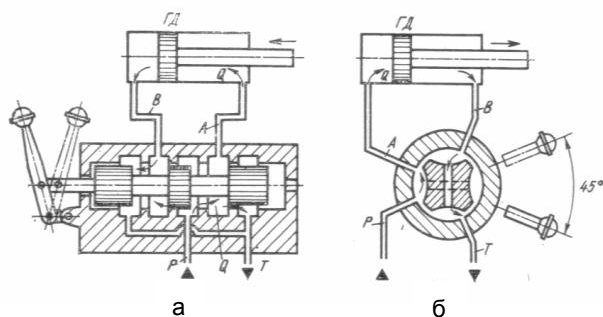


Рис. 44. Гидрораспределители:
а – золотниковый; б – крановый

8.3. Клапаны

Клапаны относятся к устройствам гидроаппаратуры и предназначены для предохранения системы от перегрузок, для контроля направления потоков, для создания и поддержания заданной величины давления на участках магистрали, для понижения давления и соблюдения последовательности рабочих движений.

Клапаны подразделяются на:

- предохранительные;
- обратные;
- редуccionные.

Предохранительные клапаны служат для предотвращения повышения давления масла в системе, т.е. для предотвращения перегрузок в системе (рис. 45).

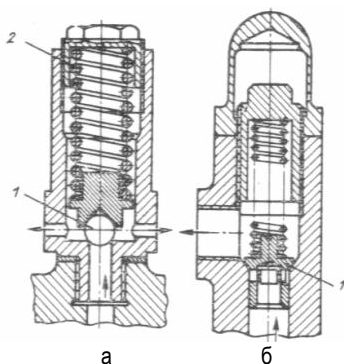


Рис. 45. Предохранительные клапаны

руется в обратном (рис. 46).

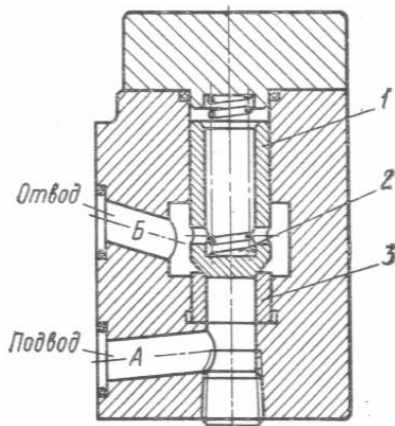


Рис. 46. Обратный клапан

нию с давлением в напорной линии (рис. 47).

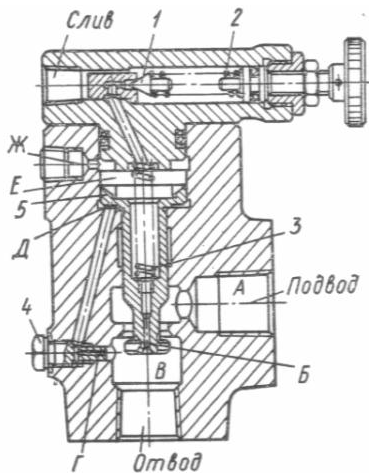


Рис. 47. Редукционный клапан

8.4. Гидроцилиндры и гидромоторы

Гидроцилиндр – объемный гидравлический двигатель с поступательным движением выходного звена. В зависимости от величины требуемых сил и скоростей движения рабочих органов применяют различные конструкции гидроцилиндров и способы включения их в систему. Гидроцилиндры бывают одностороннего действия (рис. 48, а), двухстороннего действия (рис. 48, б), с двухсторонним штоком (рис. 48, в), плунжерные с рабочей камерой, образованной рабочими поверхностями корпуса и плунжера (рис. 48, г), телескопические (рис. 48, д), мембранные (рис. 48, е) и сильфонные (рис. 48, ж)

Для преобразования энергии жидкости во вращательное движение служат гидромоторы.

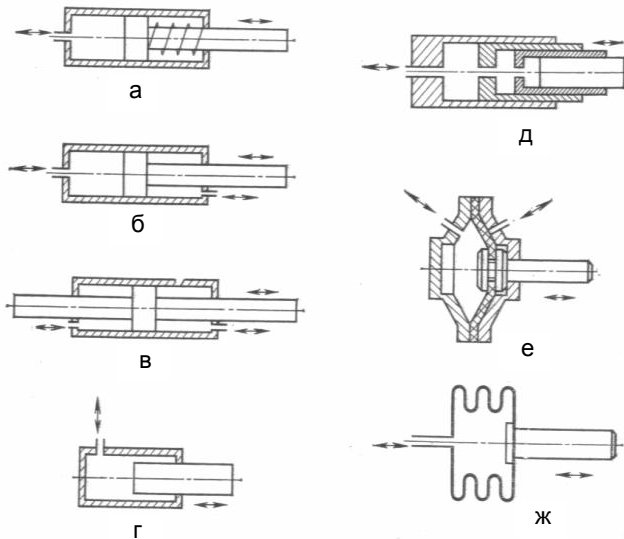


Рис. 48. Гидроцилиндры

8.5. Регулирование скорости гидропривода

Скорость гидропривода регулируется изменением расхода жидкости, протекающей через гидроцилиндр в единицу времени, и осуществляется двумя основными способами:

- объемное регулирование, т.е. изменение режима работы гидронасоса, и соответственно количества рабочей жидкости, подаваемой в магистраль гидросистемы;
- дроссельное регулирование, т.е. изменение сечения трубопровода.

9. МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

9.1. Токарно-винторезные станки

Токарные станки являются наиболее многочисленной группой металлорежущих станков. С их помощью получают разнообразные профили на наружных, внутренних и торцовых поверхностях вращающихся заготовок. На этих станках обрабатывают плоские, цилиндрические, конические, резьбовые и фасонные поверхности, причем в качестве режущих инструментов используют не только резцы, но и осевые инструменты: сверла, зенкеры, развертки, цековки и т.п. Кинематические цепи токарных станков передают на исполнительные органы главное движение резания (вращение заготовки) и движение подачи, направленное вдоль или перпендикулярно оси вращения заготовки.

Наибольшее распространение ввиду своих исключительных технологических возможностей получили токарно-винторезные станки, отнесенные по классификации ЭНИМС к шестому типу, позволяющие обрабатывать винтовые поверхности, так как в них

вращение заготовки кинематически связано с поступательным перемещением инструмента. В современных токарно-винторезных станках эта связь осуществляется либо посредством кинематических пар, либо электронной системой управления приводами.

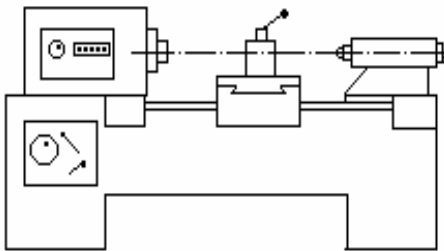


Рис. 49. Токарно-винторезный станок

Все узлы токарно-винторезного станка (рис. 49) смонтированы на станине коробчатой формы, на ко-

торой выполнены основные базовые поверхности – продольные направляющие и плоскости прилегания. Слева жестко закреплена шпиндельная передняя бабка, в которой обычно размещен механизм коробки скоростей, в большинстве случаев, представляющий собой многоскоростную зубчатую передачу с выходным валом – шпинделем, на торце и в отверстии которого размещают вспомогательную оснастку для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. С правой стороны станины на специальных направ-

ляющих находится задняя бабка, в коническом отверстии пиноли которой устанавливают концевые инструменты и вспомогательную оснастку (центры, патроны и т.п.). Шпиндель и отверстие пиноли расположены на общей оси, называемой линией центров. Расстояние линии центров до станины связано с основной технологической характеристикой токарного станка – наибольшим диаметром заготовки, устанавливаемой над станиной.

Коробка передач токарного станка получает движение через ременную передачу от асинхронного двигателя. Изменение частоты вращения шпинделя производится смещением двойных и тройных блоков по шлицевым валам с помощью зубчато-рычажных механизмов переключения, рукоятки управления, которые выведены на лицевую панель коробки. Реверсирование вращения шпинделя осуществляется фрикционной муфтой главного привода. Переключением колес и муфты обеспечивается необходимое количество прямых и обратных частот вращения шпинделя.

Конструкция задней бабки позволяет обрабатывать длинные конические поверхности на заготовках, установленных в центрах. Для этого корпус задней бабки смещается винтами в поперечном направлении относительно её основания.

Гитара сменных колес и коробка подач используются для нарезания резьб и для точения. При нарезании резьбы движение от ходового винта с шагом P_x передается на суппорт через разъемную гайку (в рабочем положении смыкается и охватывает ходовой винт). При прочих видах обработки ходовой вал через скользящую по нему шестерню, червячные и зубчатые передачи фартука передает движение исполнительным звеньям суппорта.

Обработке на токарно-винторезном станке предшествуют: установка соответствующими рукоятками частоты вращения шпинделя и подачи; настройка гитары сменных колес при нарезании точных резьб; установка и закрепление режущих инструментов, приспособлений и заготовок; изменение положения узлов суппорта и задней бабки при обработке конических поверхностей и т.п.

Закрепление заготовок с отношением длины к диаметру $L/D > 4$ производится в трехкулачковых самоцентрирующих патронах, установленных на шпинделе станка. Несимметричные относительно оси вращения заготовки закрепляют в четырехкулачковых патронах с независимым радиальным перемещением кулачков или на планшайбах с угольниками и прихватами.

Для снижения деформаций при обработке маложестких заготовок ($L/D \geq 8$) используют поддерживающие люнеты подвижной (устанавливаемые на суппорте) и неподвижной (закрепленные на станине) конструкций, а также центры (вращающиеся и неподвижные, вставляемые в отверстие пиноли задней бабки).

9.2. Лобовые и карусельные станки

Лобовые станки предназначены для токарной обработки коротких заготовок большого диаметра (до 4 метров) со сравнительно небольшой массой в условиях единичного и мелкосерийного производства. Эти станки состоят из шпиндельной бабки, основания и задней коробки. В шпиндельной бабке смонтирована коробка скоростей со шпинделем, на планшайбе которого закрепляется заготовка. На продольных направляющих основания размещена подвижная часть суппорта, несущая резцедержатель и получающая поперечное и продольное движения от отдельного электродвигателя.

Шпиндель карусельного станка имеет вертикальную ось вращения.

При обработке на карусельных станках вращение заготовки, установленной на планшайбе, является главным движением резания, а поступательное перемещение режущего инструмента, направленное перпендикулярно, параллельно или под углом к оси вращения заготовки, принимается за движение подачи.

По компоновке различают одностоечные и двухстоечные (для крупных заготовок) карусельные станки. Несущая система этих станков образована станиной, жестко связанной со стойками. Во внутренней полости станины размещена коробка скоростей, на шпинделе которой размещена планшайба. На стойках выполнены вертикальные направляющие, по которым перемещается траверса и боковой суппорт.

9.3. Сверлильные станки

Сверлильные станки предназначены для обработки отверстий сверлами, зенкерами, развертками, раскатниками и осевыми комбинированными инструментами. Эти станки также используются при нарезании внутренних резьб, при получении конических и цилиндрических углублений, для обработки плоских торцов бобышек и приливов, вырезания дисков и колец из листовых заготовок. С помощью приводов сверлильных станков получают необходимые формообразующие движения: главное движение резания – вращение инструмента и движение подачи – поступательное перемещение инструмента вдоль оси вращения.

Сверлильные станки согласно классификации ЭНИМС входят в сверлильно-расточную группу и представлены следующими основными типами станков.

Вертикально-сверлильные (рис. 50) станки имеют вертикальное расположение оси шпинделя и выпускаются в двух исполнениях: настольном и напольном. Основной характеристикой верти-

кально-сверлильных станков является наибольший диаметр просверливаемого отверстия в стали с $\sigma_v = 500 \dots 600$ МПа.

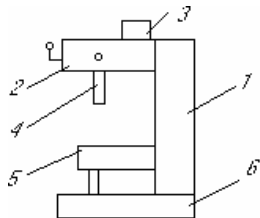


Рис. 50. Вертикально-сверлильный станок

Для настольных станков этот диаметр не превышает 16 мм, а для напольных – 75 мм. Значение наибольшего диаметра сверления входит в обозначения серийно выпускаемых станков как характеристика их технологических возможностей.

Особенность работы на универсальных вертикально-сверлильных станках состоит в том, что совмещение оси обрабатываемого отверстия с осью шпинделя проводится путем перемещения (обычно вручную) заготовки по столу станка до момента совпадения этих осей. Вертикально-сверлильные станки по числу шпинделей делят на одношпиндельные и многошпиндельные, по степени автоматизации – на полуавтоматические, автоматические и автоматизированные с программным управлением.

Радиально-сверлильные станки (рис. 51) созданы на базе вертикально-сверлильных станков, но их технологические возможности по обработке тяжелых и крупногабаритных заготовок шире.

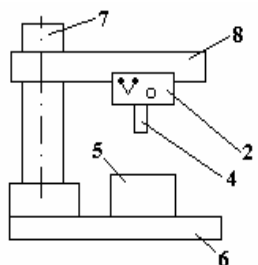


Рис. 51. Радиально-сверлильный станок

Радиально-сверлильные станки конструктивно более сложны и их исполнительные органы совершают большее число движений, чем у вертикально-сверлильных станков. Эти станки преимущественно монтируют на фундаментной плите 6. На ней жестко закреплен цоколь с неподвижной внутренней колонной, где на подшипниках установлена поворотная наружная колонна 7. На поворотной колонне установлена траверса 8, которая может перемещаться вертикально. По направляющим траверсы в радиальном направлении перемещается шпиндельная бабка 2, вертикальное перемещение траверсы механизировано и осуществляется передачей винт-гайка от электромеханического привода, установленного на верхнем торце поворотной колонны.

Высокая жесткость и виброустойчивость радиально-сверлильных станков в значительной степени достигается с помощью устройств зажима траверсы, поворотной колонны и шпиндельной бабки. Поворот траверсы вместе с поворотной колонной и

радиальное перемещение шпиндельной бабки производится вручную. На корпусе шпиндельной бабки установлены электродвигатели привода скоростей и подач, кинематически связанные между собой и размещенные в корпусе этой бабки. В целях сокращения вспомогательного времени коробки скоростей и подач имеют преселективное управление. Для удобства обслуживания все органы управления станка сосредоточены на лицевой панели шпиндельной бабки.

9.4. Фрезерные станки

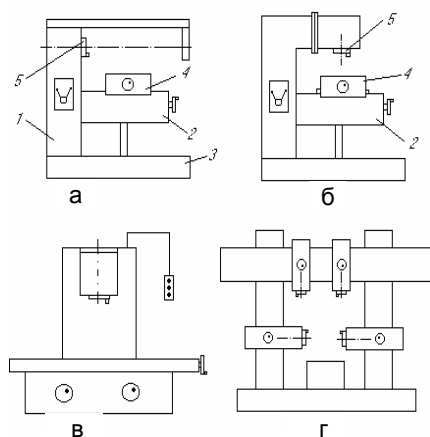


Рис. 52. Общий вид фрезерных станков

Фрезерные станки могут быть поделены на станки общего назначения и специальные. К станкам общего назначения (рис. 52) относятся консольно-фрезерные: горизонтально-фрезерные (рис. 52, а); вертикально-фрезерные (рис. 52, б); бесконсольно-фрезерные (рис. 52, в); продольно-фрезерные (рис. 52, г).

К специальным станкам относятся копировально-фрезерные, шлице- и шпоночно-фрезерные, барабанно-фрезерные, фрезерные станки с ЧПУ и др.

Среди станков общего назначения различают несколько типов станков.

Вертикально-фрезерные станки (см. рис. 52, б) предназначены для выполнения различных фрезерных операций, таких как фрезерование плоскостей, пазов, уступов концевыми, шпоночными и торцовыми фрезами, нарезания методом копирования зубчатых колёс.

Отличительная особенность этих станков – вертикальное положение оси шпинделя и наличие подвижной консоли 2, на которой расположены салазки и стол 4. Стол 4, на котором закрепляют обрабатываемую заготовку, имеет продольное перемещение по направляющим салазок. Салазки перемещаются вместе со столом в поперечном направлении по направляющим консоли, которая, в свою очередь, перемещается по направляющим станины 1. Заготовка может таким образом перемещаться в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Коробка подач смонтирована в консоли.

На вертикально-фрезерных станках выполняют встречное фрезерование, при наличии устройства, компенсирующего зазор между винтом и гайкой механизма продольной подачи, возможно и попутное фрезерование.

Горизонтально-фрезерные консольные станки (см. рис. 52, а) также предназначены для фрезерования различных горизонтальных, наклонных, фасонных уступов, пазов, фасонных поверхностей с помощью цилиндрических, дисковых фрез. Ось шпинделя у станков этого типа горизонтальна. Движения подачи те же, что движения подачи заготовки на вертикально-фрезерном станке.

Универсальные станки этого типа имеют следующую отличительную особенность – стол их может поворачиваться относительно вертикальной оси на $\pm 45^\circ$. Это позволяет обрабатывать винтовые канавки и зубья зубчатых колёс, на цилиндрических поверхностях с использованием делительной головки.

Широкоуниверсальные фрезерные станки имеют различные варианты установки шпинделя: в горизонтальном, вертикальном и наклонном положениях в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. На широкоуниверсальных фрезерных станках могут быть использованы фрезы различных типов – цилиндрические, дисковые, торцовые головки и др. – для обработки средних по размерам заготовок в условиях единичного и мелкосерийного производства. Эти станки оснащают большим набором приспособлений: круглыми столами, делительными головками, специальными приспособлениями.

Продольно-фрезерные станки, одностоечные и двухстоечные с одним или несколькими шпинделями предназначены для обработки вертикальных, горизонтальных, наклонных плоскостей на заготовках большой длины (массой до 30 т) или группы заготовок одновременно в условиях серийного производства. Оптимальные режимы обработки устанавливаются бесступенчатым регулированием подачи и частоты вращения шпинделей. Станки некоторых видов работают в полуавтоматическом режиме обработки.

Станки *непрерывного фрезерования* подразделяют на карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные. У карусельно-фрезерных станков стол с заготовками (карусель) поворачивается относительно вертикальной оси с движением подачи. У барабанно-фрезерных станков заготовки закрепляют на барабане (столе), имеющем горизонтальную ось вращения. Движение вокруг оси вращения барабана – движение подачи. Эти станки применяют в условиях серийного и массового производств. Снятие обработанных заготовок и загрузку новых производят не останавливая карусель или барабан.

Копировальные станки предназначены для обработки сложных контуров концевыми фрезами по копиру. Различают контурное и объемное фрезерование.

9.5. Строгальные и долбежные станки

Направление главного движения резания у строгальных станков – горизонтальное, у долбежных – вертикальное.

Строгальные и долбежные станки применяют как в единичном, так и в серийном производстве для обработки поверхностей с прямолинейной образующей. Для обработки заготовок небольших габаритных размеров (600х100х100) применяют поперечно-строгальные станки. Для крупногабаритных корпусных заготовок, а также деталей большой длины (2-12 м) применяют продольно-строгальные станки. На долбежных станках обрабатывают заготовки таких же размеров, как и на поперечно-строгальных.

9.5.1. Поперечно-строгальные станки

Исполнительный механизм поперечно-строгального станка (рис. 53) состоит из ползуна 1, суппорта 3 и стола 4. Несущая система станка, расположенная на основании 2, состоит из станины и поперечины. Станина имеет горизонтальные направляющие для ползуна 1. Движение резания осуществляет ползун с установленным на нем суппортом 3, в котором закрепляется резец.

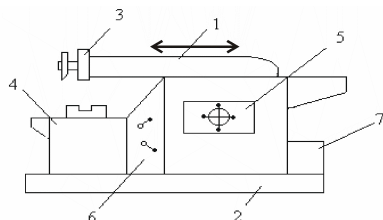


Рис. 53. Поперечно-строгальный станок

- 1 – ползун; 2 – станина; 3 – суппорт;
4 – стол; 5 – панель управления
суппортом; 6 – механизм перемещения
стола; 7 – электродвигатель

Движение ползуна – возвратно-поступательное, осуществляемое механизмом качающейся кулисы, которая приводится в движение с помощью зубчатых передач от электродвигателя 7. Скорость движений регулируется ступенчатой коробкой скоростей, а ход ползуна – изменением радиуса кривошипа кулисы. В некоторых моделях станков движение ползуна осуществляется гидроприводом.

Резец устанавливают в резцедержателе, закрепленном на откидной планке. Во избежание трения резца о заготовку в процессе вспомогательного хода резец откидывается вместе с планкой относительно горизонтальной оси на небольшой угол.

Движение подачи осуществляется от кулисного колеса через механизм подачи, включающий винтовые пары, зубчатые колеса, храповые механизмы.

9.5.2. Продольно-строгальные станки

Исполнительным механизмом продольно-строгального станка является стол, несущий обрабатываемую заготовку и два, а иногда и четыре, суппорта в зависимости от конструкции станка. Одностоечный продольно-строгальный станок (рис. 54) имеет два-три суп-

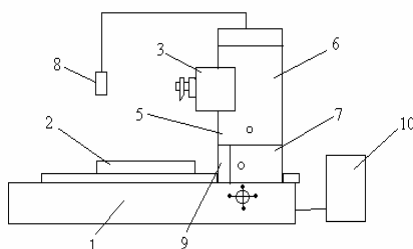


Рис. 54. Продольно-строгальный одностоечный станок

порта (два горизонтальных и один вертикальный), у двухстоечного станка три-четыре суппорта.

Заготовку устанавливают на стол 2 и зажимают с помощью различных приспособлений. Резцы крепят на суппорте 3. Движение резания передается столу от электродвигателя постоянного тока 10 через коробку скоростей. Продольно-строгальные станки обычно

снабжены электроприводом, обеспечивающим бесступенчатое и независимое регулирование скоростей рабочего и вспомогательного ходов стола. Скорость вспомогательного хода стола больше скорости рабочего хода.

Прерывистое движение подачи за каждый двойной ход стола совершают суппорты с резцами. Суппорт перемещается по вертикальной стойке 6. Перемещение суппортов осуществляется от отдельных двигателей подач через червячную пару и зубчатые передачи 7. Включение двигателя происходит в момент реверса стола.

Несущая система станка состоит из станины 1, вертикальной стойки 5 и 6 с направляющими для суппорта.

Управление станком осуществляется от подвесной кнопочной станции 8 или стационарного пульта управления.

9.5.3. Долбежные станки

Исполнительным механизмом долбежного станка (рис. 55) являются ползун 7 с резцедержателем 6 и стол 4 с закрепленной заготовкой. Несущая система состоит из станины 1 с направляющими для стола и стойки 8 с вертикальными направляющими для

ползуна. Возвратно-поступательное движение резания совершают ползун с резцом. Резец снимает припуск при движении ползуна вниз и возвращается снизу вверх при вспомогательном ходе ползуна. Главное возвратно-поступательное движение ползуна в станках с механическим приводом осуществляется механизмом вращающейся кулисы, а в станках с гидроприводом – гидроцилиндром.

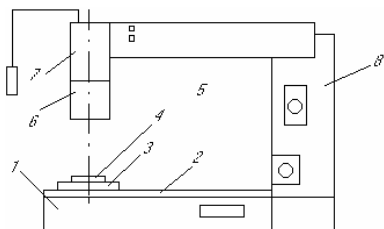


Рис. 55. Долбежный станок

Это движение – вертикальное, но в некоторых моделях станков ползун может поворачиваться на угол $5...30^\circ$, что позволяет обрабатывать наклонные поверхности.

Прерывистое движение подачи в продольном, поперечном, направлениях, а также постоянная круговая подача сообщаются заготовке путем перемещения салазок 2 и 3 со столом и вращением стола вокруг своей вертикальной оси.

Величина хода ползуна и зона движения регулируются по месту в зависимости от конкретной обрабатываемой заготовки.

На долбежных станках обрабатывают те же поверхности, что при строгании, а также шпоночные пазы, периодически повторяющиеся канавки и различные профили замкнутых внутренних и наружных поверхностей. Размеры заготовок на долбежных операциях ограничиваются диаметром стола.

9.6. Протяжные станки

Протяжные станки подразделяют на несколько основных типов:

- по степени универсальности – станки общего назначения и специальные;
- по назначению – станки для внутреннего и наружного протягиваний;
- по направлению главного движения и степени автоматизации – станки с горизонтальным и вертикальным главным движением и станки непрерывного действия.

Основными характеристиками протяжного станка являются наибольшая тяговая сила, длина хода штока и диапазон скоростей протягивания. Диапазон скоростей протягивания на протяжных станках составляет от 0,3 до 20 м/мин.

На протяжных станках главное движение совершает протяжка, а заготовка установлена неподвижно, подача обеспечивается конструкцией протяжного инструмента.

В случае наружного протягивания иногда движение подачи совершает заготовка или группа заготовок. При наружном протягивании заготовок, имеющих форму тела вращения, поступательное движение совершает протяжка, а вращательное – заготовка.

9.6.1 Горизонтально-протяжные станки

Горизонтально-протяжные станки (рис. 56) применяют в основном для обработки внутренних поверхностей.

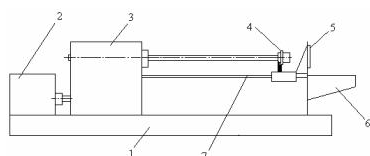


Рис. 56. Горизонтально-протяжный станок

Горизонтально-протяжный станок состоит из станины коробчатой формы 1, гидронасоса 2, гидроцилиндра 3, каретки 4 и замкового приспособления. Каретка перемещается по горизонтальным направляющим 7. Для установки заготовок служит опорная плита 5. Люнет поддерживает задний хвостовик протяжки во время протягивания, предохраняя ее от провисания. Корыто служит для приема стружки, отработанной СОЖ и мелких заготовок.

9.6.2. Вертикально-протяжные станки

Вертикально-протяжные станки более удобны в обслуживании, обработка на них легче поддается механизации и автоматизации. Эти станки используют для внутреннего и наружного протягиваний легких и средних заготовок.

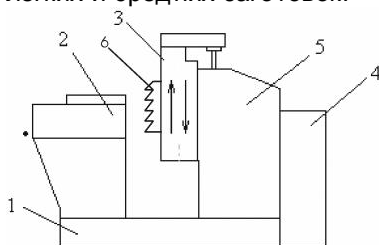


Рис. 57. Вертикально-протяжный станок

Вертикально-протяжный станок (рис. 57) для наружного протягивания состоит из основания 1, станины 5, по вертикальным направляющим которой перемещается ползун 3, на котором установлена протяжка 6. Ползун приводится в движение от гидроцилиндра, находящегося в корпусе станины. В задней части станка расположена гидронасосная станция 4, обеспечивающая необходимое давление масла в полостях гидроцилиндра.

На столе 2 устанавливают обрабатываемую заготовку. Стол посредством гидравлического привода или механически переме-

щается в поперечном направлении. После рабочего хода ползуна 3 с протяжкой 6 (вниз) стол отходит от нее и после возврата протяжки (вспомогательного хода вверх) стол с новой заготовкой возвращается в исходное положение.

9.7. Шлифовальные станки

Шлифовальные станки относятся к третьей группе станков и подразделяются на ряд типов, из которых наиболее распространены следующие:

- плоскошлифовальные – для обработки различных плоскостей, пазов, уступов;
- круглошлифовальные – для обработки заготовок, имеющих ось вращения по наружной поверхности;
- внутришлифовальные – для обработки внутренних отверстий заготовок;
- бесцентрово-шлифовальные – для обработки наружных поверхностей тел вращения, имеющих большую по сравнению с диаметром длину, или заготовок типа колец, заготовок, обрабатываемых в серийном или массовом производстве;
- заточные – для заточки различного инструмента.

9.7.1. Универсальный плоскошлифовальный станок

Плоскошлифовальные станки (рис. 58) предназначены для шлифования плоских поверхностей периферией шлифовального круга. В небольших пределах по высоте, допускаемых кожухом шпинделя, возможно шлифование вертикальных поверхностей.

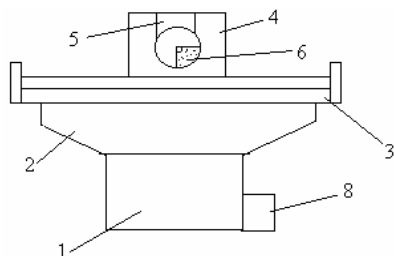


Рис. 58. Универсальный плоскошлифовальный станок

На станине 1 размещен крестовый стол 2 с направляющими, по которым перемещается рабочий стол 3. Стол 3 оборудован кожухами, обеспечивающими безопасную работу станочника. На этом столе установлена магнитная плита, тиски или другое зажимное приспособление для установки и закрепления обрабатываемой заготовки. На колонне 4 расположена шлифовальная

бабка 5, несущая шпиндель со шлифовальным кругом 6, который работает периферией. К основным узлам станка также относятся гидростанция 8 и система электрооборудования, расположенная внутри станины станка или в отдельном электрошкафу.

9.7.2. Универсальный круглошлифовальный станок

Круглошлифовальные станки выпускают повышенной, высокой и особо высокой точности.

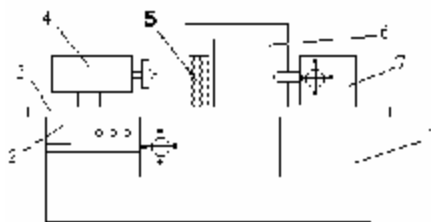


Рис. 59. Универсальный круглошлифовальный станок

Основные узлы станка (рис. 59) следующие: станина 1, по направляющим которой перемещается нижний поворотный стол 2 и верхний поворотный стол 3, на верхнем столе установлены передняя бабка 4, и задняя бабка 7. Шпиндель передней бабки неподвижен. Вращение заготовки обеспечивается планшайбой и поводком; планшайба приводится в

движение клиноременной передачей от двигателя постоянного тока. На станине в тыльной ее части расположена шлифовальная бабка 6, несущая шпиндель со шлифовальным кругом 5. К основным узлам относится также гидростанция, расположенная внутри станины и представляющая собой отдельный блок. Гидропривод управляет перемещением стола с обрабатываемой заготовкой и перемещением шпиндельной бабки (подвод, отвод) в поперечном направлении.

9.7.3. Внутришлифовальные станки

Внутришлифовальные станки (рис. 60) подразделяются на две основные группы:

- станки, в которых вращается шпиндель со шлифовальным кругом и заготовка;
- станки, у которых заготовка неподвижна, а шлифовальный круг наряду с вращением получает движение по образующей обрабатываемого отверстия (станки планетарного типа).

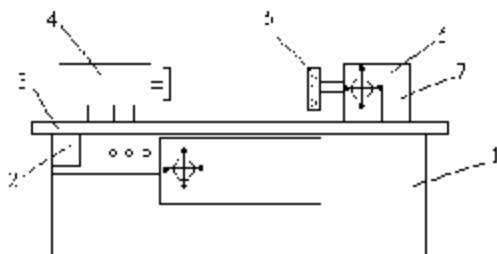


Рис. 60. Внутришлифовальный станок

Для станков первой группы распространены три основные компоновки:

- поперечное и продольное движения подачи осуществляются шлифовальным кругом с прямолинейным перемещением;
- поперечное движение подачи осуществляется шлифовальным кругом, а продольной подачи – заготовкой;
- поперечное и продольное движения подачи производит шлифовальный круг.

Некоторые модели внутришлифовальных станков оборудованы для обработки наружного торца заготовки специальным приспособлением с дополнительным шпинделем.

9.8. Зубообрабатывающие станки

Зубообрабатывающие станки относятся к станкам пятой группы. На этих станках осуществляют обработку зубчатых колёс методом обкатки. Данные станки по принципу действия и роду применяемого инструмента подразделяются на зубодолбежные, зубофрезерные, зубозакругляющие, зубострогальные, зубопротяжные, зубошвинговальные, зубошлифовальные, зубохонинговальные и зубопритирочные.

Метод обкатки заключается в том, что инструменту и заготовке в процессе обработки колеса принудительно сообщают движения, в результате которых они как бы воспроизводят в пространстве зацепление либо пары цилиндрических зубчатых колёс, либо червяка с червячным колесом, либо зубчатого колеса с рейкой.

Наиболее широко распространены в промышленности зубодолбежные и зубофрезерные типы станков.

9.8.1. Зубодолбежные полуавтоматы

Зубодолбежный полуавтомат имеет, как правило, вертикальную компоновку с отводом суппорта. На нём можно нарезать цилиндрические колёса с наружным и внутренним зацеплением, с прямыми и винтовыми зубьями.

На станине зубодолбежного полуавтомата жёстко закреплена вертикальная стойка, в которой расположена коробка скоростей и коробка круговых подач. На широких горизонтальных плоских направляющих перемещается стол с обрабатываемой заготовкой. Станок гидрофицирован и управляется с панели.

Зубодолбежный станок осуществляет возвратно-поступательное перемещение долбяка в вертикальном направлении – главное движение; согласованное вращение долбяка и заготовки – движение обкатки; радиальное перемещение стола относительно долбя-

ка за один его двойной ход (радиальную подачу) – движение врезания; поворот долбяка по делительной окружности за один его двойной ход – круговая подача. Вспомогательные движения: отвод долбяка от заготовки во время обратного хода, работа счётного механизма, ускоренное вращение заготовки (необходимо при обработке зубчатых секторов) и другие установочные движения. При подготовке к работе на станке настраивают цепи главного движения, обкатки, круговой и радиальной подачи.

Для нарезания косозубых колёс на станке взамен прямолинейных направляющих устанавливают копиры с винтовыми направляющими, которые обеспечивают дополнительно вращательное движение долбяку.

9.8.2. Зубофрезерные станки

Зубофрезерный универсальный станок обычно является полуавтоматом, работает по методу обкатки и предназначен для нарезания зубьев цилиндрических и червячных колёс в условиях мелко- и среднесерийного производств. В качестве инструмента используют червячные фрезы. Полуавтоматы, как правило, выполнены по вертикальной компоновке с неподвижной инструментальной стойкой и подвижным в горизонтальном направлении столом, или наоборот. Для изготовления крупногабаритных и длинных шестерен, вал-шестерен и шлицевых валов применяют полуавтоматы, выполненные по горизонтальной компоновке.

На зубофрезерных станках можно нарезать червячные колёса методами радиальной подачи, осевой (тангенциальной) подачи, а также летучим резцом.

При подготовке к работе на станке настраивают цепи главного движения, обкатки, круговой, радиальной подачи, а также (при изготовлении косозубых зубчатых колес) цепь дифференциала.

9.8.3. Зубострогальные станки

Зубострогальные станки предназначены для нарезания прямозубых конических колёс в условиях серийного и массового производства. Рассмотрим движения, выполняемые этими станками.

Главное движение – возвратно-поступательное движение двух ползунов, оснащенных резцами.

Цикловая подача – это скорость движения обкатки при изготовлении одного зуба – цикла, которую при работе станка циклами обычно выражают временем нарезания одного зуба (временем цикла).

Вращение заготовки (цепь деления) – кинематическая цепь, связывающая распределительный вал со шпинделем изделия. Данная цепь производит поворот заготовки после нарезания очередного зуба для нарезания следующего зуба.

Цепь обкатки – кинематическая цепь, связывающая люльку с закрепленной на ней заготовкой.

9.8.4. Станки для нарезания конических колёс с криволинейными зубьями

Конические прямозубые колёса имеют недостатки по сравнению с колёсами с криволинейными зубьями. Передатки из колёс с криволинейными зубьями имеют хорошую плавность хода, бесшумны, компактны, выдерживают более высокие нагрузки при одинаковых размерах. Криволинейные зубья конических колёс нарезают на соответствующих станках пальцевой модульной фрезой; торцовой резцовой головкой методом врезания инструмента в заготовку, методом кругового протягивания; торцовой головкой с резцами, имеющими прямолинейные режущие кромки, методом обкатки при периодическом делении; торцовой головкой с резцами, имеющими прямолинейные режущие кромки, методом обкатки при непрерывном делении; конической червячной фрезой методом обкатки при непрерывном делении.

9.9. Автоматические линии

Автоматические линии представляют собой ряд взаимосвязанных станков, транспортных и контрольных механизмов, автоматически осуществляющих обработку деталей или сборку по заранее заданному технологическому процессу с единым механизмом управления. Они подразделяются на однопоточные (последовательного действия) и многопоточные (параллельно-последовательного действия). По роду станков – на линии, образованные из станков, специально построенных для данной линии; из полуавтоматов и автоматов общего назначения; из агрегатных станков; из модернизированных (автоматизированных) универсальных станков. По способу передачи обрабатываемых деталей со станка на станок подразделяются на линии со сквозным транспортированием; с проходом деталей сквозь места зажима, применяемые при обработке корпусных деталей на агрегатных станках; на линии с верхним транспортированием – горизонтальным в продольном направлении и вертикальным в поперечном; на линии с боковым (фронтальным) продольно-поперечным транспортированием; на линии с комбини-

рованным транспортированием; на линии с роторным транспортированием, применяемые в роторных линиях. По расположению оборудования – на замкнутые и незамкнутые. У круговых, относящихся к замкнутым, имеется небольшое число позиций и используется поворотный стол (например, станки-комбайны). Большинство автоматических линий имеет незамкнутое расположение оборудования – прямолинейное, Г-образное, П-образное, Ш-образное, зигзагообразное.

В состав автоматической линии помимо станков входят транспортная система и система управления.

Транспортная система состоит из устройства для перемещения деталей, загрузочных, поворотных, ориентирующих устройств, приспособлений для установки и закрепления обрабатываемых деталей, устройств для отвода стружки и накопителей заделов.

Устройства для перемещения деталей. В автоматических линиях для перемещения обрабатываемых заготовок с одной рабочей позиции на другую применяют различные транспортные средства – транспортёры, «механические руки» и др.

Приспособления для установки и закрепления обрабатываемых деталей на автоматических линиях применяют двух видов: стационарные и приспособления-спутники.

Стационарные приспособления предназначены только для выполнения определённой операции обработки детали на одном определённом агрегате (станке). Эти приспособления выполняют следующие функции: предварительное ориентирование обрабатываемой детали, базирование, окончательное ориентирование и фиксирование заготовки в этом положении.

Приспособления-спутники служат для закрепления деталей сложной конфигурации, не имеющих удобных поверхностей для надёжного базирования при транспортировании и обработке. Эти приспособления сохраняют ориентацию при транспортировании и легко базируются, фиксируются и закрепляются в рабочих позициях линии.

Накопительные устройства. Для уменьшения потерь рабочего времени, связанного с наладкой отдельных станков автоматической линии, её разделяют на отдельные участки, каждый из которых при остановке других может работать самостоятельно за счёт межоперационных заделов деталей.

Система управления автоматическими линиями. Для последовательной работы всех механизмов автоматических линий применяется комплекс автоматического управления, включающий:

а) систему управления всеми движениями и очередностью работы основных и вспомогательных механизмов;

- б) систему блокирования, обеспечивающую безаварийность работы машин, механизмов и инструментов;
- в) систему регулирования, служащую для подналадки станков и инструментов;
- г) систему контроля, служащую для контроля размеров обрабатываемых деталей;
- д) систему сигнализации, облегчающую обслуживание линии.

9.10. Станки с электрофизическими и электрохимическими методами обработки

9.10.1. Электроискровые (электроэрозионные) станки

Основу электроискрового метода обработки металлов составляет процесс электроэрозии металлов. Сущность его заключается в том, что под действием электрических разрядов, посылаемых источником электрического тока, металл разрушается.

Обрабатываемую деталь погружают в жидкость в баке и соединяют с положительным полюсом, выполняющим функции анода. Электрод (инструмент), являющийся катодом, соединяют с отрицательным полюсом и укрепляют на ползуне, имеющем вертикальное перемещение вверх и вниз по направляющим.

Для того, чтобы получить импульсные разряды, непрерывно следующие друг за другом, между электродом и деталью в электрическую схему станка включается конденсаторная батарея. Её включают параллельно детали и электроду.

Во время обработки электрод не должен прикасаться к детали, иначе произойдёт короткое замыкание. Между электродом и деталью всегда должен поддерживаться небольшой, так называемый искровой промежуток. Для этого применяют различные следящие и исполнительные системы.

Электроды, применяемые при электроискровой прошивке, делают из мягкой латуни. Электрод должен иметь профиль, подобный профилю прошиваемого отверстия.

Универсальные электроискровые станки обычно имеют вертикальную компоновку. Автоматический регулятор подач сообщает вертикальные перемещения электроду-инструменту. Ванну с деталью можно перемещать в вертикальном направлении от электродвигателя. Суппорт при обработке наклонных отверстий поворачивают вокруг горизонтальной оси.

9.10.2. Электроимпульсные станки

Электроискровой метод обработки металлов вытесняется более производительной электроимпульсной обработкой.

В электрической схеме электроимпульсного станка отсутствуют конденсаторы, а импульсные разряды, необходимые для электрической эрозии, создаются в специальном генераторе импульсов. В приведённой схеме роль такого генератора импульсов имеют преобразователь и выпрямитель. Преобразователь изменяет (преобразует) напряжение и частоту переменного тока. Частота следования, обычно прямоугольных импульсов, составляет 300-600 гц.

В отличие от электроискровой обработки при электроимпульсном процессе деталь соединяется с катодом электрической цепи, а инструмент – с анодом. Обработка ведётся в жидкой среде (в масле низкой вязкости).

Рассматриваемый метод позволяет производить обработку на больших площадях (до 180 см^2) с высокой производительностью ($4000 \text{ мм}^3/\text{мин}$). Конструктивно станки для электроискровой обработки схожи с электроэрозионными станками.

9.10.3. Анодно-механические станки

Сущность процесса состоит в следующем. Жидкость - электролит, которая подаётся в пространство между вращающимся диском и деталью, растворяет под действием постоянного тока металл, образуя на поверхности детали тонкую плёнку. Тонкая плёнка, имеющая низкую прочность, легко соскабливается быстровращающимся диском.

Вершины бугорков на поверхности детали подвергаются электрической эрозии: они расплавляются и выносятся вращающимся диском из места разреза в виде снопа искр. Таким образом, при анодно-механической обработке происходят одновременно два процесса: электромеханическое разъедание поверхности и электрическая эрозия. В качестве рабочей жидкости – электролита применяется водный раствор жидкого стекла.

Анодно-механическая обработка получила наибольшее распространение при резке металлов и заточке режущих инструментов; эту обработку можно использовать и для чистовой доводки поверхностей. Для анодно-механической резки применяют станки различных конструкций.

При анодно-механической заточке инструмент закрепляют в тисках, которые присоединяют к положительному зажиму генератора постоянного тока. Заточка производится быстровращающимся диском, изготовленным из меди, чугуна или конструкционной стали.

9.11. Испытания металлорежущих станков

Основным видом испытаний станков являются приёмочные испытания. В соответствии с техническими условиями они включают испытания станка на холостом ходу и под нагрузкой, проверку точности, испытание на жёсткость и виброустойчивость при резании, проверку на шум.

9.11.1. Проверка качества изготовления станков

Проверку технического состояния металлорежущего станка начинают с внешнего осмотра. Затем проверяют лёгкость перемещения от руки всех узлов и рукояток, величину мёртвых ходов маховиков, рукояток и винтов, исправность всех механизмов станка. Необходимо, чтобы усилия на маховиках не превышали допустимых значений, а подвижные узлы перемещались с равномерной скоростью без заеданий и подклиниваний.

На холостом ходу проверяют фактические отклонения частот вращения и подач, правильность работы механизмов быстрых перемещений, нагрев различных деталей и узлов станка.

После проверки станка на холостом ходу проводят испытания под нагрузкой. При этом выбирают наиболее тяжелые условия обработки и кратковременные перегрузки (до 25%). Во время испытаний проверяют работу всех механизмов и систем станка. Испытания проводят при черновом и чистовом режимах для типичных обрабатываемых заготовок и материалов, а также – операций и переходов.

9.11.2. Проверка геометрической точности станков

Точность обработки на станке характеризуется величинами отклонений размеров, формы и относительного положения элементов получаемой поверхности. В связи с этим проверяют точность изготовления отдельных элементов станка: геометрическую форму посадочных поверхностей (непрямолинейность, неплоскостность, овальность, конусность), точность вращения шпинделей, прямолинейность или плоскостность направляющих поверхности столов и т.д. Контролю подлежит также взаимное расположение поверхностей, параллельность или перпендикулярность направляющих и поверхностей столов относительно шпинделей, соосность или параллельность последних и т.д.

У токарного станка, например, шпиндели проверяют на осевое и радиальное биение при помощи индикаторов. Контролируют радиальное биение центрирующей шейки шпинделя и биение оси ко-

нического отверстия шпинделя. В последнем случае проверку проводят при помощи контрольной оправки, плотно вставленной в отверстие шпинделя. Проверку проводят у конца шпинделя и на расстоянии, установленном стандартом (для станков средних размеров – 200...300 мм). При проверке осевого биения шпинделя в его отверстие вставляют короткую оправку с плоским шлифованным торцом. К шпинделю прикладывают осевую силу, вращают его и контролируют биение торца оправки индикатором. Проверяют также перпендикулярность торцевой поверхности буртика шпинделя оси его вращения. Допустимые отклонения составляют обычно 0,01-0,005 мм.

9.11.3. Проверка кинематической точности станков

Станки со сложными формообразующими движениями, помимо геометрической, должны обладать кинематической точностью, под которой понимают точность сохранения заданных соотношений скоростей движения исполнительных звеньев, участвующих в создании какого-либо сложного формообразования. Поэтому стандартами предусмотрены проверки токарно-винторезных, токарно-затыловочных, зуборезных, резьбонарезных, резьбошлифовальных и ряда других станков. Для этого применяют приборы, которые позволяют установить изменение передаточного отношения, возникающего из-за погрешностей зубчатых передач.

9.11.4. Испытания на жёсткость и виброустойчивость

Большое значение имеет жёсткость узлов станка. Статической характеристикой жёсткости является отношение, называемое податливостью:

$$k = \frac{y}{P} \quad (27)$$

где P – прилагаемая сила;

y – величина деформации или величина, обратная ей, называемая жёсткостью:

$$j = \frac{P}{y}. \quad (28)$$

Исследованиями установлено, что суммарная деформация зависит больше от деформаций в стыках между деталями в узлах и между узлами. Так как стыки во многом связаны с точностью фор-

мы и шероховатости контактных поверхностей, то для объективной оценки изделия должна контролироваться жёсткость каждого станка. Нормы жёсткости приведены в соответствующих стандартах.

Виброустойчивость станков проверяют чаще всего на малых скоростях скольжения. Испытание станков на виброустойчивость при резании сводится к определению предельной стружки и её зависимости от скорости резания. Предельной стружкой называют наибольшую ширину среза, снимаемую на станке без вибраций. Например, для токарных станков с высотой центров 200 мм испытания проводят на различных оправках: в центрах; на консольно расположенной оправке, вставленной в конус шпинделя; в патроне; на оправке, зажатой в патроне и поддерживаемой центром. Испытания проводят на всех ступенях частоты вращения привода главного движения и при трёх-пяти подачах.

10. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНКОВ

Наличие в достаточном количестве различного, даже высоко-точного, оборудования ещё не решает задачу высокопроизводительной ритмичной работы предприятия. Кроме надлежащей организации производства важное значение имеет правильная эксплуатация оборудования.

Задачей правильной эксплуатации является получение от станка наибольшей производительности при обеспечении его долговечности и точности. Наибольшую производительность от станка получают в результате правильного выбора и высокого качества режущего инструмента, назначения необходимых режимов резания, правильной наладки станка.

Станки должны обеспечивать высокопроизводительную устойчивую работу в течение всего времени их эксплуатации. Требования правильной эксплуатации станков включают точное и правильное осуществление упаковки, транспортирования, установки в цехах, эксплуатации, паспортизации, ремонта и модернизации. Правильные упаковка и транспортирование исключают порчу и поломку станков. Соблюдение всех условий правильной установки станка способствует качественной его работе.

Производственная эксплуатация станков включает мероприятия по чистке и смазыванию станков, выбору смазочно-охлаждающих жидкостей, сбору и восстановлению отработанных смазочных и обтирочных материалов и т.п. Паспорт позволяет правильно использовать станок по всем его показателям и назначению.

Своевременный и качественный ремонт оборудования является важным условием ритмичной работы предприятий. Устаревшие станки следует модернизировать, что значительно увеличивает срок использования станков до окончательного морального их изнашивания. При эксплуатации станков большое значение имеют мероприятия по технике безопасности. Однако главным в успешном использовании станочного оборудования является высокая общая и техническая грамотность работников заводов, занимающихся эксплуатацией станков.

10.1. Паспорт металлорежущих станков

Документ, содержащий необходимые кинематические, динамические и конструктивные сведения, а также ряд общих данных о станке, называют паспортом станка.

В паспорт вписывают: общие сведения о станке, общий вид станка с обозначением органов управления, спецификацию органов управления, основные данные о станке, габаритные размеры рабочего пространства, посадочные и присоединительные базы станка, габаритные размеры станка в плане, сведения о ремонте станка, данные о комплектации и т.д.

10.2. Транспортирование оборудования

Основными требованиями, предъявляемыми к таре для перевозки станков и другого оборудования, являются: прочность, простота конструкции, возможность выполнения погрузочно-разгрузочных работ как вручную, так и с применением средств механизации, обеспечение сохранности при транспортировании и длительном хранении. Степень защиты оборудования от повреждений определяется видом упаковки, предохраняющей оборудование от повреждений: ударов, толчков, воздействия атмосферной среды и пр.

Основным и наиболее универсальным видом упаковки для оборудования, перевозимого по железной дороге, речным, морским и автомобильным транспортом, являются ящики деревянные, плотные или решетчатые, разового или многоразового использования.

10.3. Установка и закрепление станка на фундаменте

Установка станка на фундамент влияет на основные показатели его работоспособности. Наиболее распространена установка станков на фундаменты трёх видов: бетонные полы первого этажа (общая плита цеха); утолщённые бетонные ленты (ленточные фундаменты); специально проектируемые массивные фундаменты (индивидуальные или групповые), фундаменты обычного типа (опирающиеся на естественное основание), свайные и виброизолированные (на резиновых ковриках или пружинах).

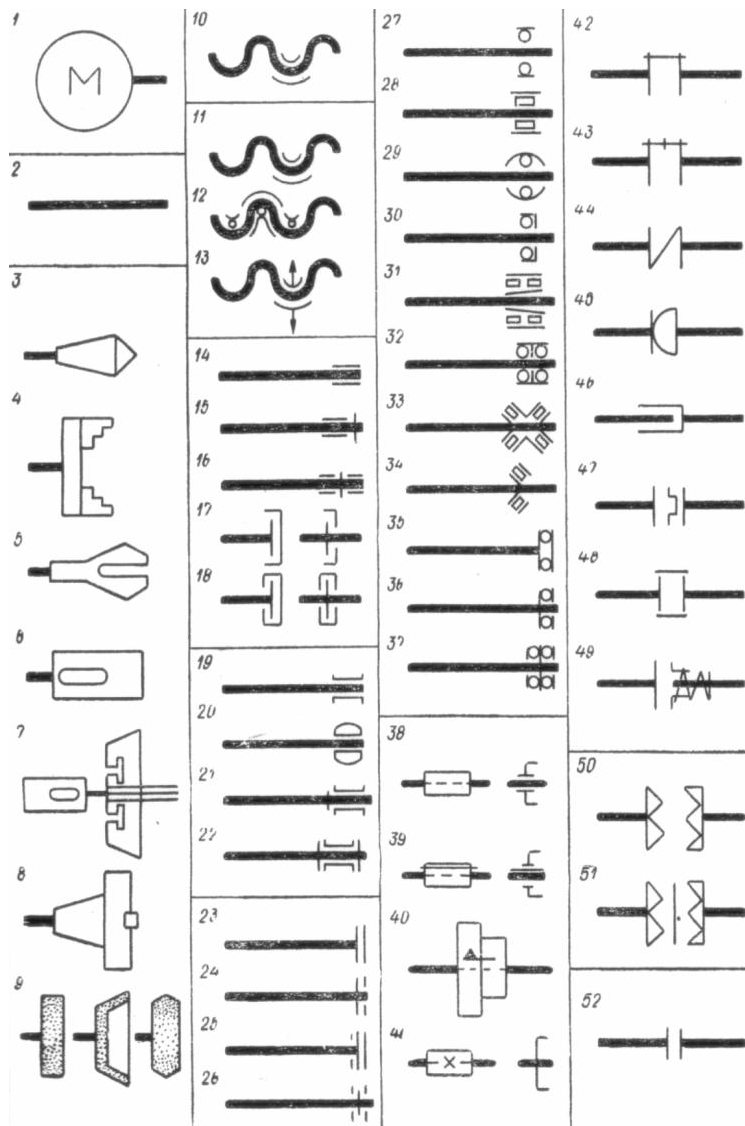
Установку станков можно разделить на жёсткую и упругую. К жёсткой относят установку станка на жёстких (металлических) опорах с креплением или без крепления, у которых фундаментом служит плита или бетонный блок, опирающийся на естественное основание или перекрытие. К упругой относят все виды установки станка на упругих опорах и установки на жёстких опорах, у которых фундаментом служит бетонный блок, опирающийся на упругие опорные элементы (резиновые коврики, пружины и т.п.).

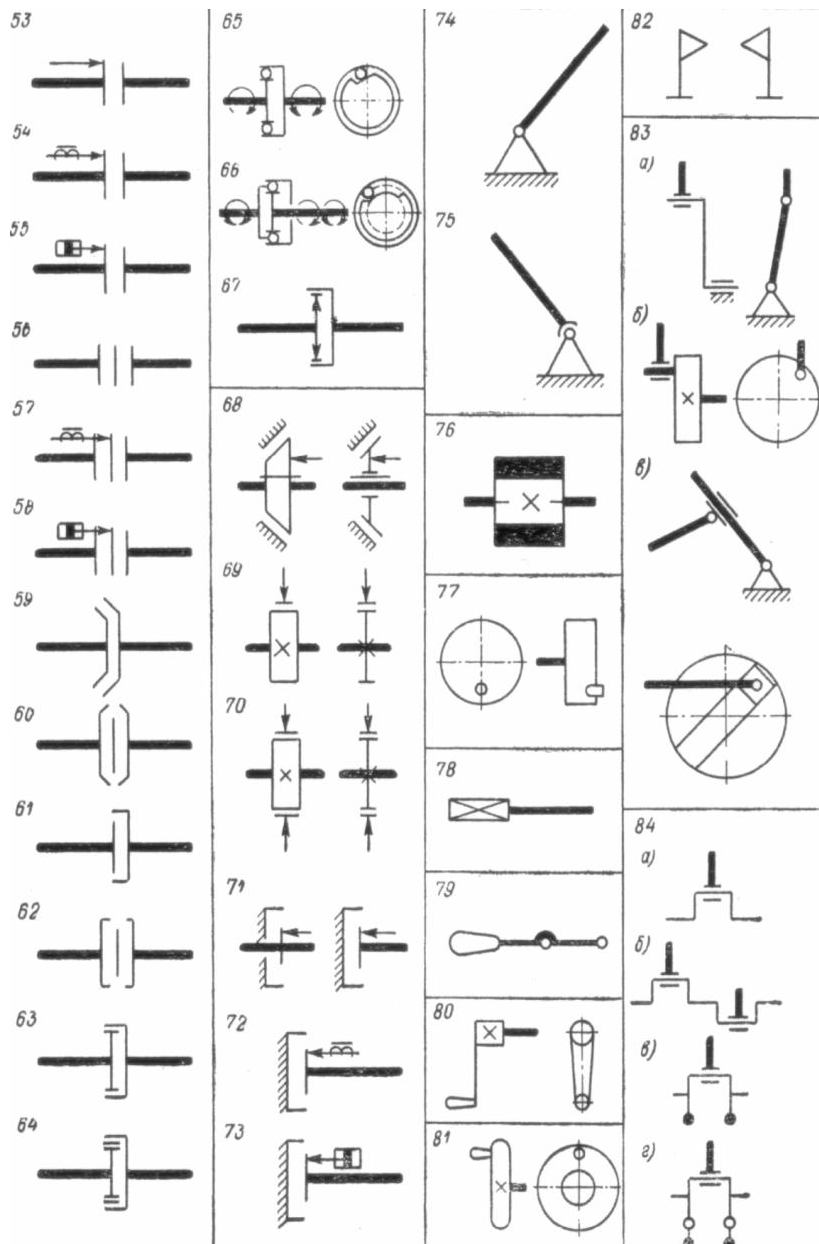
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

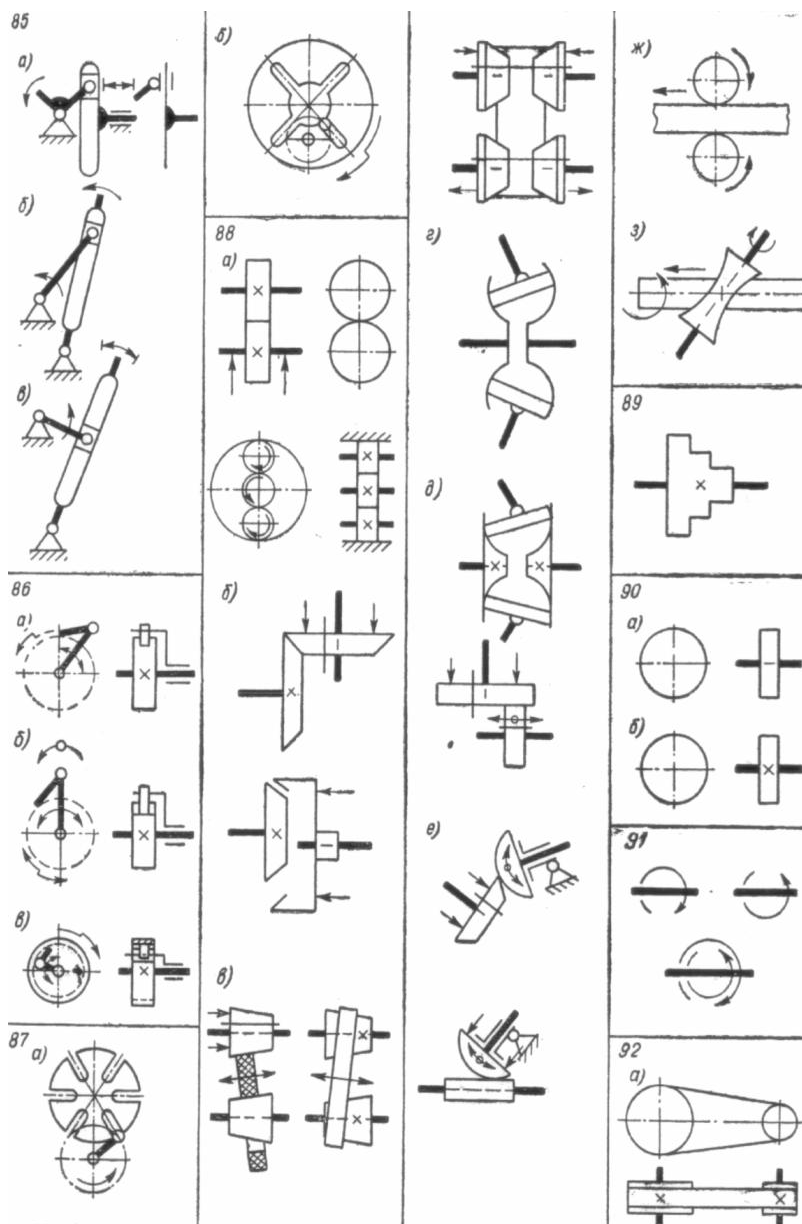
1. Ермаков Б.И., Фролов Б.А. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1985.
2. Маеров А.Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Пуш В.Э. и др. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных Втузов / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1986.
4. Чернов Н.Н. Металлорежущее оборудование для инструментальных цехов (участков) машиностроительных предприятий/ВНИИТЭМР. – М., 1992.
5. Черпаков Б.И., Альперович Т.А. Книга для станочника. – М.: Academia, ИРПО, 1999.

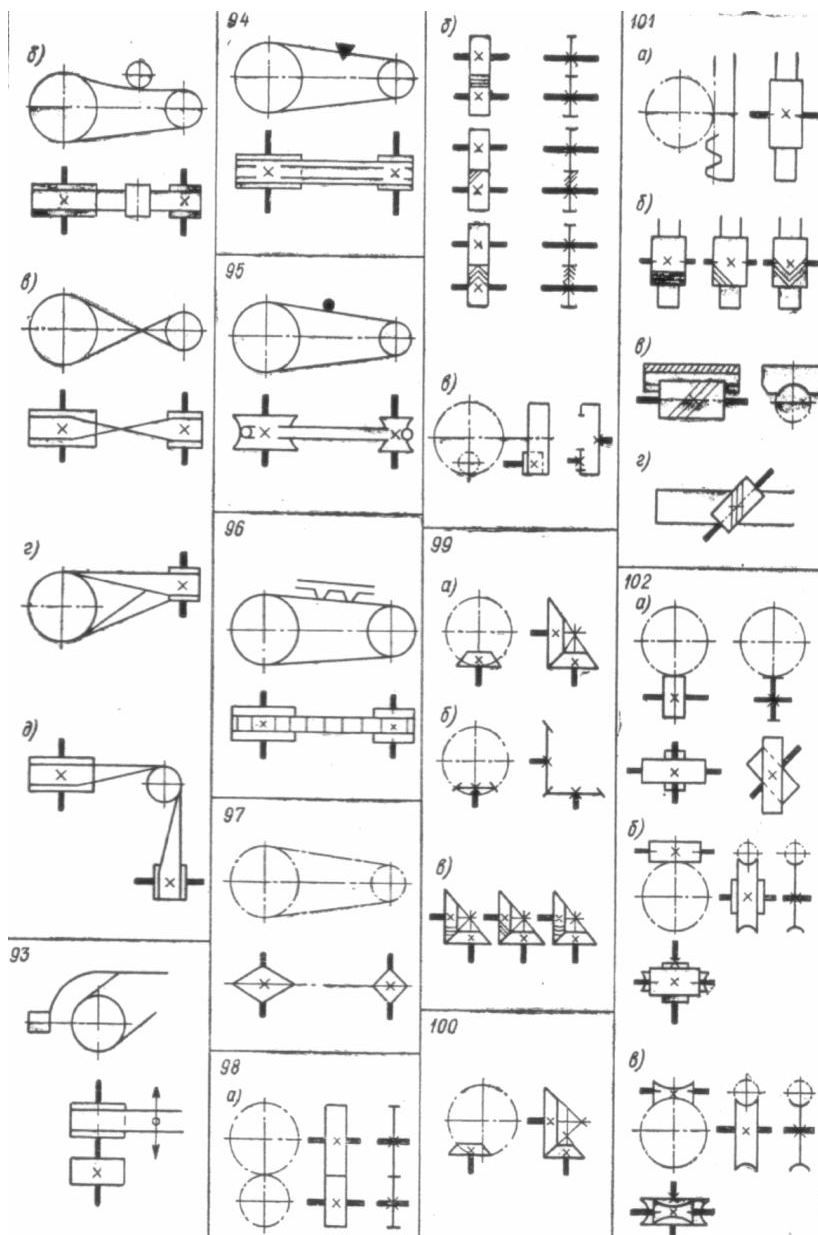
Приложение 1

Условные обозначения механизмов на кинематических схемах







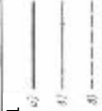
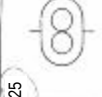
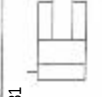
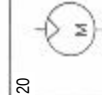
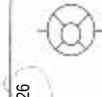
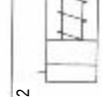
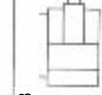
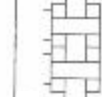
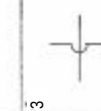
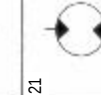
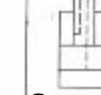
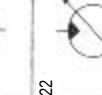
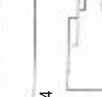
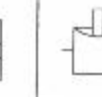
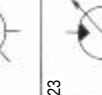
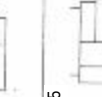
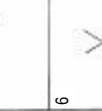
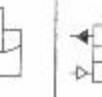


1 – двигатель; 2 – вал, валик, ось, стержень, шатун; 3 – конец шпинделя для центровых работ; 4 – конец шпинделя для патронных работ; 5 – конец шпинделя для работ с цанговым патроном; 6 – конец шпинделя для сверлильных работ; 7 – конец шпинделя для расточных работ с планшайбой; 8 – конец шпинделя для фрезерных работ; 9 – конец шпинделя для кругло-, плоско- и резьбошлифовальных работ; 10 – механизм «винт-гайка»; 11 – разъемная маточная гайка; 12 – неразъемная маточная гайка с шариками; 13 – разъемная маточная гайка скольжения; 14 – подшипник радиальный на валу (без уточнения типа); 15 – то же радиально-упорный односторонний; 16 – то же радиально-упорный двусторонний; 17 – подшипник скольжения упорный односторонний; 18 – то же упорный двусторонний; 19 – то же радиальный; 20 – то же радиальный самоустанавливающийся; 21 – то же радиально-упорный односторонний; 22 – то же радиально-упорный двусторонний; 23, 24 – подшипник упорный односторонний на валу (без уточнения типа); 25, 26 – то же упорный двусторонний; 27 – подшипник качения радиальный (общее обозначение); 28 – то же радиальный роликовый; 29 – то же радиальный самоустанавливающийся; 30 – то же радиально-упорный односторонний; 31 – то же радиальный серии 3180100; 32 – то же радиально-упорный двусторонний; 33 – то же радиально-упорный роликовый двусторонний; 34 – то же радиально-упорный роликовый односторонний; 35, 36 – то же упорный шариковый одинарный; 37 – то же упорный шариковый двойной; 38 – соединение детали с валом свободное при вращении; 39 – то же подвижное без вращения; 40 – то же при помощи вытяжной шпонки; 41 – то же глухое; 42 – соединение двух валов глухое; 43 – то же глухое с предохранением от перегрузки; 44 – то же эластичное; 45 – то же шарнирное; 46 – то же телескопическое; 47 – то же плавающей муфтой; 48 – то же зубчатой муфтой; 49 – то же предохранительной муфтой; 50 – муфта сцепления кулачковая односторонняя; 51 – то же двусторонняя; 52 – муфта сцепления фрикционная (общее обозначение); 53 – то же односторонняя; 54 – то же односторонняя электромагнитная; 55 – то же односторонняя гидравлическая или пневматическая; 56 – то же двусторонняя; 57 – то же двусторонняя электромагнитная; 58 – то же двусторонняя гидравлическая или пневматическая; 59 – то же конусная односторонняя; 60 – то же конусная двусторонняя; 61 – то же дисковая односторонняя; 62 – то же дисковая двусторонняя; 63 – то же с колodками; 64 – то же с разжимным кольцом; 65 – муфта самовыключающаяся обгона односторонняя; 66 – то же обгона двусторонняя; 67 – то же центробежная; 68 – тормоз конусный; 69 – то же колодочный; 70 – то же ленточный; 71 – то же дисковый; 72 – то же дисковый электромагнитный; 73 – то же дисковый гидравлический или пневматический; 74 – соединение стержня с неподвижной опорой шарнирное с движением в плоскости чертежа; 75 – то же с шаровым шарниром; 76 – маховик на валу; 77 – эксцентрик; 78 – конец вала под съемную рукоятку; 79 – рычаг переключения; 80 – рукоятка; 81 – маховичок; 82 – передвижные упоры; 83 – соединение кривошипа с шатуном: а, б – с постоянным радиусом; в – с переменным радиусом; 84 – соединение коленчатого вала с шатуном: а – с одним коленом; б – с несколькими коленами; в – с коленом с жестким противо-

Окончание прил. 1

сом; г – с коленом с маятниковым противовесом; 85 – кривошипно-кулисные механизмы: а – с поступательно движущейся кулисой; б – вращающейся кулисой; в – с качающейся кулисой; 86 – храповые зубчатые механизмы: а – с наружным зацеплением односторонний; б – с наружным зацеплением двусторонний; в – с внутренним зацеплением односторонний; 87 – мальтийские механизмы с радиальным расположением пазов у мальтийского креста: а – с наружным зацеплением; б – с внутренним зацеплением; 88 – передачи фрикционные: а – с цилиндрическими роликами; б – с коническими роликами; в – с коническими роликами регулируемые; г – с криволинейными образующими рабочих тел и наклоняющимися роликами регулируемые; д – торцовые (лобовые) регулируемые; е – со сферическими и коническими (цилиндрическими) роликами регулируемые; ж – с цилиндрическими роликами, преобразующие вращательное движение в поступательное; з – с гиперболоидными роликами, преобразующими вращательное движение в винтовое; 89 – шкив ступенчатый, закрепленный на валу; 90 – шкивы: а – холостой на валу; б – рабочий, закрепленный на валу; 91 – указатели вращения вала; 92 – передачи плоским ремнем: а – открытая; б – открытая с натяжительным роликом; в – перекрестная; г – полуперекрестная; д – угловая; 93 – отводка ремня; 94 – передача клиновидным ремнем; 95 – передача круглым ремнем и шнуром; 96 – передача зубчатым ремнем; 97 – передача цепью (общее обозначение); 98 – передачи зубчатые (цилиндрические): а – внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев); б – то же с прямыми, косыми и шевронными зубьями); в – внутреннее зацепление; 99 – передачи зубчатые с пересекающимися валами (конические): а – общее обозначение; б – с прямыми, спиральными и круговыми зубьями; 100 – передачи зубчатые со скрещающимися валами; 101 – передачи зубчатые реечные: а – общее обозначение; б – с прямыми, косыми и шевронными зубьями; в – с червячной рейкой и червяком; г – с зубчатой рейкой и червяком; 102 – передачи зубчатые со скрещающимися валами: а – винтовые; б – червячные с цилиндрическим червяком; в – червячные глобоидные.

Условные обозначения гидравлических элементов

1		7		13		19		25		31		37		43	
2		8		14		20		26		32		38		44	
3		9		15		21		27		33		39		45	
4		10		16		22		28		34		40		46	
5		11		17		23		29		35		41		47	
6		12		18		24		30		36		42		48	

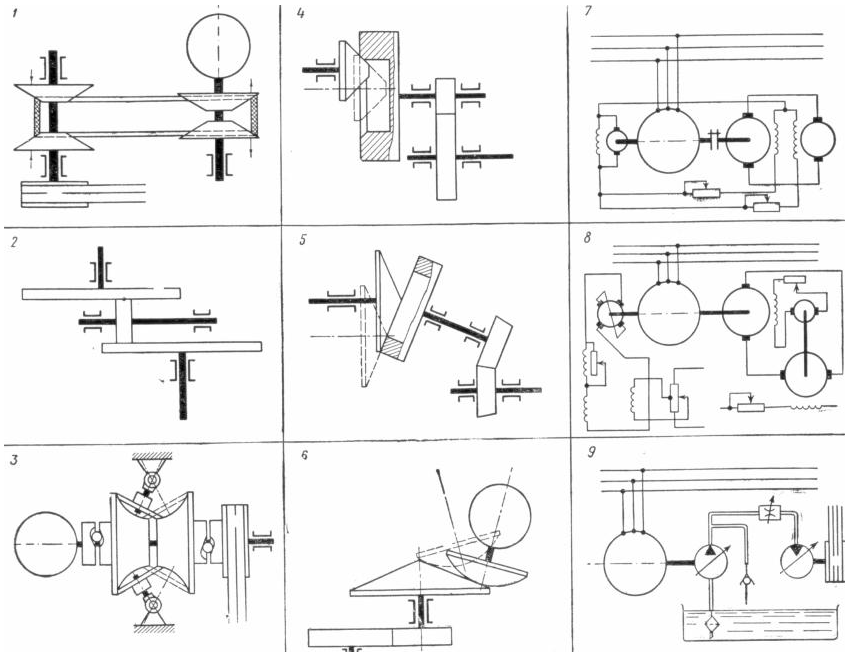
49		55		61		67		73		79	
50		56		62		68		74		80	
51		57		63		69		75		81	
52		58		64		70		76		82	
53		59		65		71		77		83	
54		60		66		72		78		84	

1 – линии связи (трубопроводы): а – всасывания, напора, слива; 2 – соединение линий связи; 3 – перекрещивание линий связи (несоединенные трубопроводы); 4 – подвод жидкости под давлением; 5 – слив жидкости из системы; 6 – дроссель (с расходом, не зависящим от вязкости); 7 – дроссель (с расходом, не зависящим от вязкости); 8 – бак; 9 – аккумулятор гидравлический (без указания принципа действия); 10 – аккумулятор грузовой гидравлический; 11 – аккумулятор пружинный гидравлический; 12 – аккумулятор пневмогидравлический; 13 – фильтр для жидкости или воздуха; 14 – конец трубопровода с заглушкой; 15 – насос постоянной производительности с постоянным направлением потока; 16 – насос постоянной производительности с реверсивным направлением потока; 17 – насос с регулируемой производительностью с постоянным направлением потока; 18 – насос с регулируемой производительностью с реверсивным направлением потока; 19 – гидромотор (общее обозначение); 20 – гидромотор нерегулируемый с постоянным направлением потока жидкости; 21 – гидромотор нерегулируемый с реверсивным направлением потока; 22 – гидромотор регулируемый с постоянным направлением потока; 23 – гидромотор регулируемый с реверсивным направлением потока; 24 – гидромотор неполноповоротный (квадрант гидравлический); 25 – насос шестеренный; 26 – насос ротационный лопастной (пластинчатый); 27 – насос радиально-поршневой; 28 – насос аксиально-поршневой; 29 – насос лопастной центробежный; 30 – цилиндр (общее обозначение); 31 – цилиндр одностороннего действия без указания способа возврата штока; 32 – цилиндр одностороннего действия с возвратом штока пружинной; 33 – цилиндр одностороннего действия плунжерный; 34 – цилиндр одностороннего действия телескопический; 35 – цилиндр двустороннего действия с односторонним штоком; 36 – цилиндр двустороннего действия с двусторонним штоком; 37 – цилиндр двустороннего действия телескопический; 38 – цилиндр дифференциальный; 39 – цилиндр двустороннего действия с подводом рабочей среды через шток с односторонним штоком; 40 – цилиндр двустороннего действия с подводом рабочей среды через шток с двусторонним штоком; 41 – цилиндр с постоянным торможением в конце хода с одной стороны; 42 – цилиндр с постоянным торможением в конце хода с двух сторон; 43 – преобразователь давления (мультипликатор или демультипликатор); 44 – цилиндр двухкамерный двустороннего действия; 45 – гидроусилитель (бустер) однокамерный; 46 – камера мембранная одностороннего действия; 47 – камера мембранная двустороннего действия; 48 – пневмогидравлический преобразователь; 49 – манометр; 50 – кран двухходовой (проходной); 51 – кран трехходовой (трехканальный); 52 – дроссель; 53 – клапан обратный; 54 – рабочая (характерная) позиция подвижного элемента в распределителях дискретного действия; 55 – регулирующий орган (нормально закрытый); 56 – регулирующий орган, например переливной клапан (нормально открытый); 57 – клапан предохранительный с собственным управлением (прямого действия); 58 – клапан предохранительный с дополнительным подводом давления от отдельной магистрали; 59 – клапан дифференциальный или напорный зо-

лотник (аппарат, поддерживающий постоянный перепад давлений p_1-p_2 ; 60 – клапан редукционный гидравлический (клапан, поддерживающий постоянное давление на выходе $p_2 = \text{const}$ независимо от давления на входе p_1 при условии, что $p_2 < p_1$), давление на выходе p_2 зависит от усилия пружины; 61 – клапан пропорциональный (клапан, поддерживающий постоянное давление p_1/p_2); 62 – регулятор давления пневматический); 63 – клапан обратный управляемый (гидрозамок), односторонний; 64 – дроссель с обратным клапаном; 65 – золотник тормозной; 66 – золотник напорный с обратным клапаном с управлением от основного потока; 67 – дроссель с регулятором; 68 – распределитель 2/2 с управлением от кулачка и пружинным возвратом; 69 – распределитель 3/2 с управлением от электромагнита и пружинным возвратом; 70 – распределитель 4/2 с управлением от кулачка и пружинным возвратом; 71 – распределитель 4/2 с управлением от рукоятки с фиксатором; 72 – распределитель 4/2 с ручным управлением (кран управления); 73 – распределитель 4/2 с управлением от электромагнита и пружинным возвратом; 74 – распределитель 4/2 для дифференциальной схемы включения с управлением от двух электромагнитов; 75 – распределитель 4/2 с управлением от электромагнита и пружинным возвратом (показано промежуточное положение); 76 – распределитель 4/3 с соединением обоих отводов на баки запертой нагнетательной линии при среднем положении золотника с управлением; 77 – распределитель 4/3 с соединением нагнетательной линии и обоих отводов на бак при среднем положении золотника с управлением от рукоятки фиксатора; 78 – распределитель 4/3 с соединением нагнетательной линии с обоими отводами и запертым сливом при среднем положении золотника и с управлением от рукоятки с автоматической фиксацией среднего положения; 79 – распределитель 4/3 с соединением нагнетательной линии с обоими отводами и запертым сливом при среднем положении золотника с ручным управлением (кран управления); 80 – распределитель 4/3 с соединением нагнетательной линии и обоих отводов на бак при среднем положении золотника с управлением от двух электромагнитов; 81 – распределитель 4/3 с соединением на бак нагнетательной линии и запертыми отводами при среднем положении золотника с управлением от двух электромагнитов; 82 – распределитель 5/2 с раздельным сливом (управление гидравлическое с дроссельным регулированием времени срабатывания); 83 – клапан предохранительный с переливным золотником; 84 – панель разделительная.

Приложение 3

Типовые приводы и механизмы для бесступенчатого изменения частоты вращения валов, являющихся наиболее типичными для станкостроения: шесть *механических* (1-6), два *электрических* (7-8) и один *гидравлический* (9) приводы



1 – привод с коническими раздвижными шкивами (связующее звено может являться клиновым ремнем, специальной цепью или кольцом); 2 – двойная регулируемая торцев цилиндрическая фрикционная передача; 3 – торидный вариатор конструкции Светозарова; 4 – привод с коническим передвижным шкивом; 5 – торце коническая регулируемая передача; 6 – привод со сфероконической регулируемой передачей; 7 – электропривод по системе генератор-двигатель; 8 – электропривод с электромашинным усилителем; 9 – принципиальная схема гидропривода для бесступенчатого изменения частоты вращения