

**Министерство образования Республики Беларусь
УО "ВГТУ"**

Кафедра ТиОМШ

Лекции по курсу:

“Станочное оборудование”

доцент Угольников А.А.

Витебск 2007

Содержание

	Стр.
Введение.....	1
1. Классификация металлорежущих станков.....	1
2. Техничко-экономические показатели станков.....	6
3. Оборудование для производства заготовок.....	7
4. Кинематические основы металлорежущих станков.....	7
4.1. Методы образования поверхностей на станках.....	8
4.2. Классификация движений.....	9
4.3. Кинематические связи на станках.....	10
4.4. Кинематическая настройка на станках.....	11
5. Элементы кинематических цепей.....	12
5.1. Механизмы включения и выключения.....	17
5.2. Механизмы переключения подвижных звеньев.....	20
5.3. Предохранительные устройства.....	22
5.4. Механизмы реверса.....	23
5.5. Механизмы для ступенчатого и бесступенчатого изменения чисел оборотов.....	27
5.6. Механизмы для прямолинейного движения рабочих органов станков.....	32
5.7. Приводы для периодически повторяющихся перемещений.....	34
6. Зубообрабатывающие станки.....	34
6.1. Зубодолбежные станки.....	36
6.2. Зубофрезерные станки (метод копирования).....	40
6.3. Зубофрезерные станки (метод огибания).....	42
6.4. Зубозакругляющие станки.....	49
6.5. Зубошеввинговальные станки.....	50
6.6. Зубошлифовальные станки.....	53
6.7. Станки для нарезания конических колес с прямым зубом.....	56
6.8. Станки для нарезания конических колес с круговым зубом.....	62
6.9. Шлицефрезерные станки.....	68
7. Токарно-затыловочные станки.....	70
8. Станки для обработки тел вращения.....	74
8.1. Токарно-винторезный станок.....	74
8.2. Токарно-револьверные станки.....	77
8.3. Токарно-лобовые станки.....	80
8.4. Токарно-карусельные станки.....	80
8.5. Токарные станки с ЧПУ.....	83
8.6. Токарные автоматы и полуавтоматы.....	84
8.6.1. Многолезцовые токарные автоматы.....	84
8.6.2. Токарно-копировальные полуавтоматы.....	86
8.6.3. Автоматы фасонно-отрезные и фасонно-продольного точения.....	88
8.6.4. Токарно-револьверные автоматы.....	88
8.6.5. Многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы.....	91
9. Сверлильные и расточные станки.....	95
9.1. Вертикально-сверлильные станки.....	96
9.2. Радиально-сверлильные станки.....	97
9.3. Горизонтально-расточные станки.....	98
9.4. Координатно-расточные станки.....	100
9.5. Алмазно-расточные станки.....	102

10. Фрезерные станки.....	102
10.1. Горизонтально-фрезерные станки.....	104
10.2. Вертикально-фрезерные станки.....	105
10.3. Продольно-фрезерные станки.....	105
10.4. Карусельно-фрезерные станки.....	106
10.5. Копировально-фрезерные станки.....	107
10.6. Резьбофрезерные станки.....	108
10.7. Фрезерные станки с ЧПУ.....	110
10.8. Многооперационные станки.....	111
11. Станки для абразивной обработки.....	114
11.1. Круглошлифовальные станки.....	115
11.2. Плоскошлифовальные станки.....	116
11.3. Внутришлифовальные станки.....	118
11.4. Безцентровошлифовальные станки.....	120
11.5. Резьбошлифовальные станки.....	122
11.6. Универсально-заточные станки.....	125
11.7. Станки для заточки червячных фрез.....	127
11.8. Доводочные станки.....	128
12. Строгальные и долбежные станки.....	129
12.1. Поперечно-строгальные станки.....	129
12.2. Продольно-строгальные станки.....	130
12.3. Долбежные станки.....	132
13. Агрегатные станки.....	132
14. Станки для электрохимических и электрофизических методов обработки.....	134
14.1. Электроэрозионные станки.....	134
14.2. Электроимпульсные станки.....	135
14.3. Станки для анодно-механической обработки.....	135
14.4. Ультразвуковые станки.....	136
14.5. Лучевая обработка.....	137
15. Автоматические линии.....	137
16. Гибкие производственные системы (ГПС).....	143
16.1. Станочные модули.....	143
16.2. Гибкие станочные системы.....	145
16.3. Гибкие автоматизированные участки.....	145

Введение.

Для массового производства характерно использование высокопроизводительного малопереналаживаемого оборудования — АЛ, АРКЛ. Серийное производство, в котором изготавливается более 75 % всей продукции машиностроения, должно обеспечиваться оборудованием, сочетающим достаточно высокую производительность с необходимыми универсальностью и гибкостью, что дает возможность интенсивного обновления продукции без существенной замены основных фондов. Как правило, такие возможности дает оборудование с ЧПУ, в особенности многоцелевые станки.

Другим принципом, позволяющим снизить потери производительности вследствие переналадок, является использование групповой технологии. Сочетание групповой технологии с гибкостью оборудования позволяет в серийном производстве обеспечить интенсивные темпы обновления продукции при сохранении высокой производительности.

Значительная часть станочного парка находится в немашиностроительных отраслях, в основном в ремонтно-механических цехах. Это в основном универсальное оборудование, используемое недостаточно эффективно в отношении как рабочего времени, так и технологических возможностей. Развитие этой части станочного парка требует: оснащения его универсальным оборудованием с умеренной степенью автоматизации и расширенными технологическими возможностями с одновременным уменьшением числа станков за счет повышения надежности работы машин и механизмов, организации фирменного и территориального сервиса, а также увеличения производства запасных частей и сокращения сроков их получения.

Рост трудоемкости механообработки связан с ростом объема продукции машиностроения. Однако он не пропорционален росту этого объема. Ряд факторов снижает трудоемкость обработки благодаря следующим причинам:

- приближению формы заготовки к форме изделия;
- специализации производства;
- повышению уровня автоматизации, оснащенности и надежности используемого оборудования;
- росту режимов обработки благодаря использованию новых инструментальных материалов и износостойких покрытий, автоматической смены инструментов.

Имеются и факторы, повышающие трудоемкость механообработки: существенное повышение требований к точности обработки; повышение в общем объеме механообработки доли высокопрочных материалов.

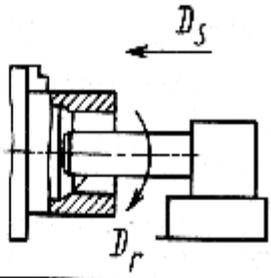
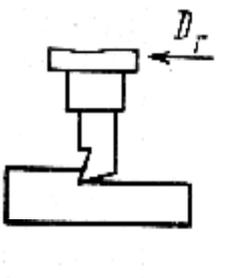
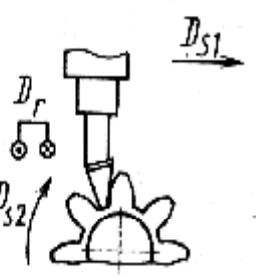
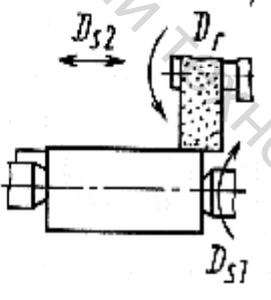
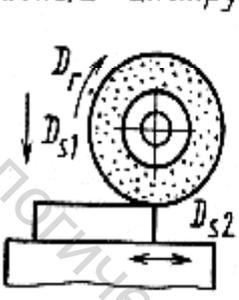
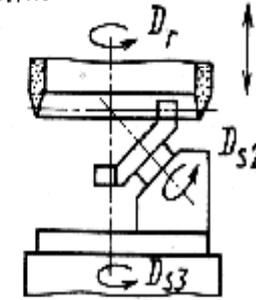
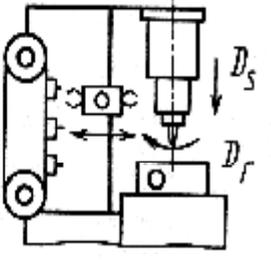
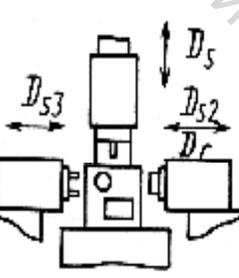
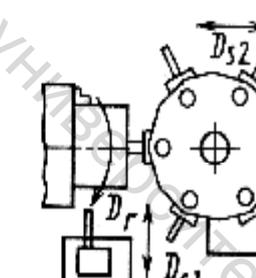
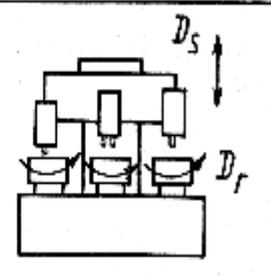
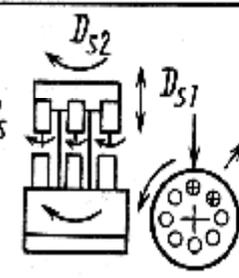
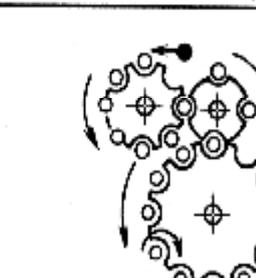
Большое многообразие изготавливаемых деталей требует соответствующего разнообразия типов и моделей металлообрабатывающих станков. Для массового и крупносерийного производства используют в основном специальные станки, предназначенные для изготовления заданной номенклатуры конкретных деталей. Основное количество станков составляют универсальные станки, выпускаемые для обезличенного потребителя, и специализированные станки.

1. Классификация металлорежущих станков.

Возможности металлорежущего станка по обработке той или иной номенклатуры деталей с заданным качеством и наибольшей производительностью связаны, в первую очередь, с выбранным методом обработки и соответствующими движениями формообразования, а также со степенью концентрации в одном станке технологических операций. При этом характер обрабатываемой поверхности и вид режущего инструмента оказывают решающее влияние на принцип работы и компоновку станка.

В соответствии с этими признаками в табл. 1, приведена классификация станков по технологическому назначению, в которой отражено также развитие станков от простых одноинструментальных к станкам, в которых обеспечивается более эффективная обработка за счет концентрации в одном станке различных инструментов или одновременной обработки деталей в нескольких рабочих позициях.

Табл. 1: классификация станков по технологическому назначению

Станок	Обрабатываемая поверхность или вид обработки		
	Вращения и винтовая	Плоская и линейная	Фасонная
Однопозиционный: одноинструментный	Однолезвийный инструмент		
			
	Многолезвийный инструмент		
многоинструментный	Абразивный инструмент		
			
	Последовательная обработка	Параллельная (одновременная)	Параллельно-последовательная
Многопозиционный			
			

Применение метода обработки одним инструментом (с возможной его заменой при обработке различных поверхностей) приводит к созданию более простых, универсальных и точных станков, обладающих, однако, сравнительно низкой эффективностью. К таким станкам относятся токарно-винторезные, алмазно-расточные, строгальные, долбежные и др.

Большую производительность обеспечивает применение многолезвийного инструмента (фрез, протяжек, сверл и др.), что, однако, требует создания станка более жесткой конструкции, воспринимающей статические и динамические нагрузки.

Для финишной обработки широко применяют станки с абразивным инструментом: шлифовальные, хонинговальные, притирочные и др. Еще большую производительность может обеспечить многоинструментная обработка с применением однотипного (например, многолезвцовая обработка) или разнотипного инструмента.

Многоинструментная обработка на однопозиционном станке, когда в данный момент времени обрабатывается одна деталь, может быть:

а) последовательной, при которой различный инструмент последовательно выходит на рабочую позицию станка, передаваясь из магазина или с помощью револьверной головки (револьверные станки и автоматы, многоцелевые станки с инструментальным магазином);

б) параллельной, при которой одновременно обрабатывается несколько поверхностей заготовки с помощью инструмента, установленного в суппортах или инструментальных головках (токарные многолезвцовые и карусельные станки, агрегатные станки с многошпиндельными сверлильно-расточными головками, продольно-фрезерные и координатно-расточные станки с несколькими инструментными головками);

в) параллельно-последовательной, которая возможна при наличии двух револьверных головок или револьверной головки и поперечных суппортов (токарно-револьверные станки).

Наибольшая концентрация операций достигается в многопозиционных станках при одновременной обработке на одном станке нескольких заготовок. В многопозиционных станках последовательного действия заготовка устанавливается в загрузочную позицию, последовательно проходит через все рабочие позиции и обрабатывается согласно заданному технологическому процессу. В каждой позиции, как правило, производится многоинструментная обработка. Обычно такие станки имеют поворотные столы или шпиндельные блоки, которые периодически поворачиваются для перемещения заготовки из одной позиции в другую. К станкам этого типа относятся многошпиндельные прутковые и патронные токарные автоматы и полуавтоматы, агрегатные станки с поворотными столами, двухшпиндельные токарные автоматы.

В многопозиционных станках параллельного действия в каждой позиции осуществляется одна и та же операция одновременно или со сдвигом фаз по времени (ротационные станки). Такой метод обработки применяют при сравнительно простых технологических процессах, но с высокими требованиями к производительности при крупносерийном и массовом производствах. Примерами могут служить плоскошлифовальные станки с непрерывно вращающимся столом (например, для шлифования торцов подшипниковых колец). Более характерно для параллельной обработки применение роторных станков, например, для сверлильной и токарной обработки сравнительно простых деталей. В этих станках применяют также операции, связанные с пластическим деформированием металла. Для современных многопозиционных станков с многоинструментной обработкой характерно наряду с обработкой резанием применять и другие операции, основанные на пластическом деформировании, а также лазерную обработку, сварку, сборку, контроль и измерение выходных параметров.

На практике применяют также метод параллельно-последовательной обработки. Например, на четырехпозиционном столе агрегатного станка каждая рабочая позиция выполнена двоякой, и в ней параллельно обрабатываются две заготовки. Таким образом, здесь через четыре последовательные позиции проходят два параллельных потока и одновременно обрабатываются восемь заготовок.

Другим примером параллельно-последовательной обработки может быть роторно-конвейерная линия, состоящая из отдельных рабочих роторов, в каждом из которых осуществляется своя технологическая операция в нескольких одинаковых позициях.

Большая концентрация операций в одном станке за счет многоинструментной обработки и, тем более, при многопозиционной обработке приводит к созданию более сложных, но высокоэффективных станков.

Основная задача при проектировании станков такого типа — обеспечить их возможно большую гибкость, т. е. универсальность и возможность быстрой переналадки. Это достигается путем создания станков, которые могут входить в гибкий производственный модуль с автоматическим управлением процессами замены инструмента и заготовок и переналадки на новый цикл обработки.

Для обозначения различных моделей металлорежущих станков в отечественном станкостроении принята специальная система, которая позволяет по цифровому и буквенному индексам станка определить его тип, основные технологические параметры, класс точности и систему программного управления.

Металлорежущие станки в зависимости от вида обработки делят на девять групп (табл.2), а каждую группу — на десять типов (подгрупп), характеризующих назначение станков, их компоновку, степень автоматизации или вид применяемого обрабатывающего инструмента.

Обозначение модели станка состоит из сочетания трех или четырех цифр и букв. Первая цифра означает номер группы, вторая — номер подгруппы (тип станка), а последние одна или две цифры — наиболее характерные технологические параметры станка. Например, 1Е116 означает токарно-револьверный одношпиндельный автомат с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 16 мм; 2Н125 означает вертикально-сверлильный станок с наибольшим условным диаметром сверления 25 мм. Буква, стоящая после первой цифры, указывает на различное исполнение и модернизацию основной базовой модели станка. Буква в конце цифровой части означает модификацию базовой модели, класс точности станка или его особенности.

Классы точности станков обозначают: Н — нормальной; П — повышенной; В — высокой А — особо высокой точности и С — сверхточные станки. Принята следующая индексация моделей станков с программным управлением; Ц — с цикловым управлением; Ф1 — с цифровой индексацией положения, а также с предварительным набором координат; Ф2 — с позиционной системой ЧПУ, Ф3 — с контурной системой ЧПУ; Ф4 — с комбинированной системой ЧПУ. Например, 16Д20П — токарно-винторезный станок повышенной точности; 6Р13К-1 — вертикально-фрезерный консольный станок с копировальным устройством; 1Г340ПЦ — токарно-револьверный станок с горизонтальной головкой, повышенной точности, с цикловым программным управлением; 2455АФ1 — координатно-расточной двухстоечный станок особо высокой точности с предварительным набором координат и цифровой индикацией. 2Р135Ф2 — вертикально-сверлильный станок с револьверной головкой, крестовым столом и с позиционной системой числового программного управления; 16К20Ф3 — токарный станок с контурной системой числового программного управления; 2202ВМФ4 многоцелевой (сверлильно-фрезерно-расточный) горизонтальный станок с инструментальным магазином и с комбинированной системой ЧПУ (буква М означает, что станок имеет магазин с инструментами).

Станки подразделяют на широкоуниверсальные, универсальные (общего назначения), специализированные и специальные. Специальные и специализированные станки обозначают буквами (одной или двумя), присвоенными каждому заводу, с номером модели станка. Например, МШ-245 — рейкошлифовальный полуавтомат повышенной точности Московского завода шлифовальных станков.

Табл. 2: классификация металлорежущих станков по виду обработки

Станки	Группа	Тип станка			
		0	1	2	3
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			Токарно-револьверные
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные	
Сверлильные и расточные	2		Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы одношпиндельные	многошпиндельные
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3		Круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные
Электрофизические и электрохимические	4			Светолучевые	
Зубо- и резьбообработывающие	5	Резьбонарезные	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зубонарезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов
Фрезерные	6	Барбанно-фрезерные	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одно-стоечные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Продольные			Поперечно-строгальные
		одностоечные	двухстоечные		
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные			гладким или насеченным диском
		резцом	шлифовальным кругом		
Разные	9		Трубо- и муфтообработывающие	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентрово-обдирочные

Продолжение табл. 2

Тип станка					
4	5	6	7	8	9
Токарно-револьверные полуавтоматы	Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Координатно-расточные	Радиально-координатно-сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, оснащенные абразивным инструментом
Электрохимические			Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	
Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Копировальные и гравировальные	Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания			Разные строгальные станки
		внутреннего	наружного		
Правильно-отрезные	Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные		
	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные		

2. Техничко-экономические показатели станков.

Одним из основных требований, которые предъявляются к современным металлорежущим станкам являются требования точности работы. Под термином точность работы станка понимается стабильность обеспечения станком получения заданной геометрической формы обрабатываемой детали, качества ее поверхности и точности размеров, определяющих основные параметры формы. Точность работы станка зависит от многих факторов, связанных с проектированием и изготовлением станка, правильности его эксплуатации и своевременного профилактического ремонта станка. Повышение точности станка достигается совершенствованием технологии изготовления его деталей и сборки его узлов, а сохранение первоначальной точности на длительное время в эксплуатационных условиях - тщательностью ухода и принудительным профилактическим осмотром.

Другим не менее важным показателем работы станка является его производительность. Производительность станка характеризуется различными показателями, из которых наиболее простым и наглядным является количество обрабатываемых деталей в единицу времени. Этот показатель является относительным, так как на одном и том же станке при различной его настройке и наличии тех или иных приспособлений, особенно на станке универсального назначения, можно получить различные значения этого показателя. Для достижения максимальной производительности основное внимание должно быть обращено на сокращение вспомогательного времени, связанного со сменой заготовки, инструмента и управлением циклом обработки на станке. При прочих равных условиях многоинструментальная обработка является одним из способов повышения производительности. Максимальное сокращение вспомогательного времени и возможность применения многоинструментальной обработки обеспечивается автоматизацией цикла работы станка.

На универсальных станках с ручным управлением производительность достигается путем рационального и удобного расположения органов управления, применения преселективного управления, позволяющего сократить время и перестройку режимов обработки, путем предварительного, в процессе рабочего хода на предыдущей операции, набора нужного сочетания блочных колес коробок скоростей и подач, требуемых на следующей операции. Автоматизация управления металлорежущим станком является основным направлением развития современного станкостроения. Автоматизированные станки получили широкое внедрение не только в крупносерийном и массовом производстве, но начали широко применяться и при мелкосерийном и единичном производстве. Последнему способствует появившиеся в последнее время станки с программным управлением, которые, как указывалось выше, могут легко перенастраиваться на обработку любой детали.

Способность станка работать безотказно и обеспечивать бесперебойную обработку деталей в заданных условиях эксплуатации называется надежностью. Степень надежности характеризуется так называемым коэффициентом надежности и определяется статистическим путем, как отношение фактического времени работы станка к запланированному

$$h_n = 1 - \frac{T_{np}}{T_{pn}}, \quad (2.1)$$

где T_{np} — время простоя станка вследствие неисправностей;

T_{pn} — время рабочего периода. Значение коэффициента надежности колеблется в пределах 0,8—0,98.

Под понятием долговечность подразумевается срок службы станка в заданных условиях эксплуатации, когда затраты на восстановление его работоспособности экономически целесообразны. Большое значение для обеспечения нужного класса чистоты обрабатываемых деталей, стабильности работы станка, увеличения его надежности и долговечности является жесткость конструкции станка, что позволяет исключить или снизить возможность появления в процессе работы станка вибраций нежелательной частоты. Виброустойчивость станка обеспечивается не только увеличением массы корпусных деталей, но также учетом возможных источников возникновения вибраций и создания рациональных конструкций. В этом направлении ведутся теоретические и опытные изыскания по разработке методов расчета динамической прочности конструкции станка.

Рациональная конструкция станка и отдельных его механизмов, в свете требований охраны труда, считается такой, которая обеспечивает бесшумность его работы. При конст-

руировании нового станка необходимо обеспечивать условия «технологичности конструкции». Под этим понятием подразумевается соблюдение при проектировании ряда условий, обеспечивающих возможность применения при обработке и сборке деталей станка наиболее прогрессивных и экономичных технологических процессов.

Технологичность конструкции характеризуется: себестоимостью станка, как суммарного показателя трудоемкости и металлоемкости, конструкции; сроком оборачиваемости средств, связанным с длительностью производственного процесса изготовления станка, степенью унификации узлов станка и нормализацией его деталей.

3. Оборудование для производства заготовок.

Заготовки из прутков отрезают на прессах и ножницах ножовками, дисковыми и фрикционными пилами, абразивными отрезными кругами, анодно-механическим способом, а также на токарных, горизонтально-фрезерных, строгальных и долбежных станках. В инструментальных цехах массового производства для отрезки заготовок применяют вертикально-отрезные автоматы, в которых разрезаемые прутки занимают вертикальное положение.

Для производства заготовок из проката большого диаметра применяют фрезерно-отрезные автоматы типа модели 8В66.

Для производства заготовок из листового проката применяют гильотинные ножницы.

Для производства сложно-контурных заготовок из листового материала применяют резку газо-плазменную, и высоконапорной струей воды.

4. Кинематические основы металлорежущих станков.

4.1. Методы образования поверхностей на станках.

Тела деталей машин ограничены геометрическими поверхностями, образованными при обработке. Это в основном плоскости, круговые и некруговые цилиндры и конусы, линейчатые и сферические поверхности. Все они имеют определенные протяженность и относительное положение. Реальные поверхности детали, полученные в результате обработки на станках, отличаются от идеальных геометрических поверхностей. Воздействие режущей кромки инструмента, трение между его задней гранью и обрабатываемой поверхностью, пластические явления при отрыве отдельных слоев металла заготовки, упругие деформации поверхностных слоев, вибрации и другие явления, возникающие в процессе резания, приводят к образованию на обработанной поверхности микронеровностей и волнистости. Их допустимая величина устанавливается в зависимости от назначения детали и обеспечивается различными методами обработки.

Поверхности обрабатываемых деталей можно рассматривать как непрерывное множество последовательных положений (следов) движущейся производящей линии, называемой образующей, по другой производящей линии, называемой направляющей. Например, для получения плоскости необходимо образующую прямую 1 перемещать по направляющей прямой 2 (рис. 1,а). Цилиндрическая поверхность может быть получена при перемещении образующей прямой 1 по направляющей — окружности 3 (рис. 1,б) или при движении образующей окружности 3 вдоль направляющей прямой 1 (рис. 1,в). Рабочую поверхность зуба цилиндрического колеса можно получить, если образующую — эвольвенту 4 передвигать вдоль направляющей 1 (рис. 1,г) или, наоборот, образующую прямую 1 передвигать по направляющей — эвольвенте 4 (рис. 1,д).

Рассмотренные поверхности называют обратимыми; их форма не изменяется при перемене мест образующей и направляющей линий. Этого не может произойти при образовании необратимых поверхностей. Например, если левый конец образующей прямой 1 перемещать по направляющей окружности 3 , то получится круговая коническая поверхность (рис. 1,е). Но если окружность сделать образующей и перемещать вдоль направляющей прямой, то конуса не получится. Необходимо, чтобы по мере перемещения окружности к точке O ее диаметр уменьшался и становился в вершине равным нулю. Такие поверхности называют также поверхностями с изменяющимися производящими линиями, в противоположность поверхностям с постоянными производящими линиями (рис. 1, а—д).

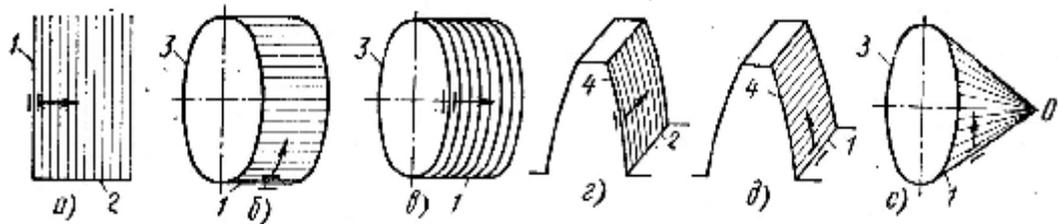


Рис.1 Обрабатываемые поверхности.

Большинство поверхностей деталей машин может быть образовано при использовании в качестве производящих линий прямой, окружности, эвольвенты, винтовой и ряда других линий. В реальных условиях обработки производящие линии воспроизводятся комбинацией согласованных между собой вращательных и прямолинейных перемещений инструмента и заготовки. Движения, необходимые для этого, называют рабочими формообразующими движениями. Они могут быть простыми, состоящими из одного движения, и сложными, состоящими из нескольких простых движений. Существуют четыре метода образования производящих линий: копирования, огибания, следа и касания.

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 / 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 является образующая зуба колеса. Направляющая линия по предыдущему образуется в результате прямолинейного перемещения инструмента или заготовки вдоль оси колеса. Для рассматриваемого случая требуются три формообразующих движения: вращение заготовки, перемещение инструмента вдоль своей оси, перемещение инструмента или заготовки вдоль оси зубчатого колеса.

Метод следа состоит в том, что образующая линия получается как след движения точки — вершины режущего инструмента. Например, при точении образующая 1 (рис. 2,г) возникает как след точки А — вершины резца, а при сверлении (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 (рис. 2,г) направляющая линия получается в результате вращения заготовки, во втором случае (рис. 2,д) — при вращении сверла или заготовки. В обоих случаях требуются два формообразующих движения.

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

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

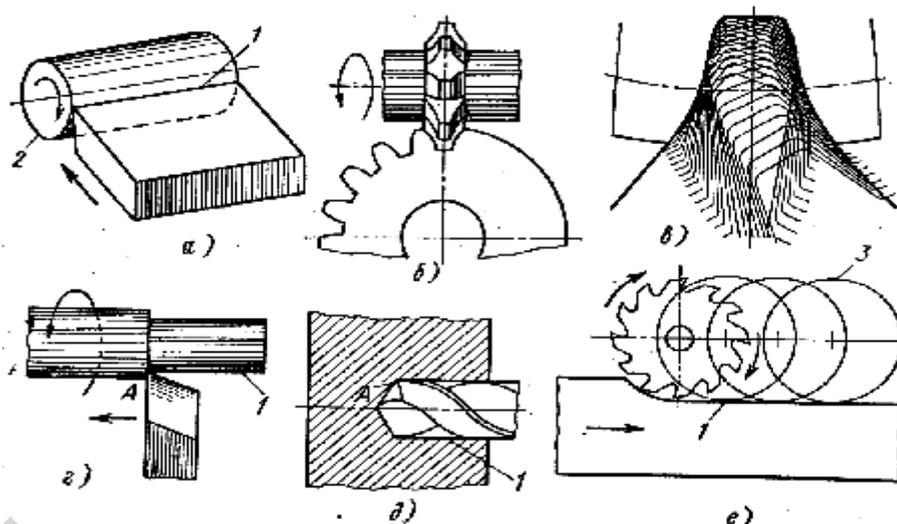


Рис. 2 Методы образования производящих линий.

4.2. Классификация движений.

Звенья, несущие заготовку и инструмент, называют рабочими или вспомогательными. В процессе обработки они совершают согласованные движений, называемые также рабочими или исполнительными. По назначению исполнительные движения разделяют на формообразующие, установочные и делительные. Установочные движения необходимы для того, чтобы привести инструмент и заготовку в положение, обеспечивающее снятие припуска и получение заданного размера. Установочное движение, при котором происходит резание, называют движением врезания (см., например, рис. 2,а), а движение, при котором резания не происходит, называют наладочным движением. Примером наладочного движения может служить перемещение стола координатно-сверлильного станка с заготовкой после обработки одного отверстия в новое положение (на новую координату) для сверления последующих отверстий в этой заготовке.

Делительное движение осуществляется для поворота установленной на станке заготовки на заданный угол. Предназначенные для этого механизмы представляют собой либо отдельную делительную головку, либо часть конструкции станка или приспособления. Деление может быть прерывным и непрерывным. В первом случае (рис. 2,б) оно совершается периодически. Заготовка поворачивается вокруг своей оси после окончания обработки очередной впадины. Во втором случае делительное движение продолжается в течение времени, которое необходимо для перемещения инструмента по заготовке (рис. 2, в). Данный метод применяют при обработке зубчатых колес, шлицевых валов и т. п. деталей. Метод обеспечивает высокую точность, а непрерывность процесса — высокую производительность.

Рабочие движения инструмента и заготовки в процессе резания принято делить на главное движение и движение подачи. Главным называют движение, которое обеспечивает отделение стружки от заготовки с определенной скоростью резания. Движением подачи называют такое движение, которое позволяет подвести под кромку инструмента новые участки заготовки и тем обеспечить снятие стружки со всей обрабатываемой поверхности. Указанные рабочие движения могут быть вращательными и прямолинейными; их могут совершать как заготовка, так и инструмент. Например, в токарных станках главное движение (вращательное) совершает заготовка, движение подачи (прямолинейное) — инструмент (резец). Во фрезерных станках, наоборот, главное (вращательное) движение получает инструмент (фреза), а движение подачи (прямолинейное) — заготовка (стол).

Рабочие движения являются формообразующими движениями. Если для формообразования требуется одно движение, то оно будет главным (например, вращение заготовки, рис. 2,а). При необходимости двух формообразующих движений одно будет главным, а другое — движением подачи (рис. 2,б,г,д,е). Если формообразующих движений больше двух, то одно из них будет главным, а остальные — движениями подачи.

Кроме рабочих движений для обработки деталей на станках необходимы вспомогательные движения, которые в процессе резания не участвуют. К их числу относятся движения, связанные с установкой и закреплением заготовки, подводом и отводом инструмента, включением и выключением приводов, а также движения, осуществляющие автоматическую установку и снятие инструмента, его правку, транспортирование заготовок, активный контроль размеров, реверсирование и др.

4.3. Кинематические связи в станках.

В металлорежущих станках связь движущихся элементов передач и механизмов бывает довольно сложной, поэтому ее рассмотрение имеет существенное значение. Термином «кинематическая связь» определяется связь движущихся элементов станка между собой. Поскольку такие элементы входят в состав привода для осуществления рабочих движений, то кинематическая связь станка означает структуру его привода. Каждая связь состоит из одной или нескольких механических, электрических, гидравлических и других кинематических цепей, через которые осуществляются требуемые исполнительные движения. Чтобы обеспечить в станке, например, движение режущего инструмента относительно заготовки, необходимы связь между исполнительными звеньями станка и связь этих звеньев с источником движения.

Кинематические связи исполнительных звеньев между собой будем называть внутренними кинематическими связями. Если исполнительное движение является простым (рис. 3,а), например вращательным, то внутренняя связь осуществляется одной вращательной парой между исполнительным звеном, участвующим в данном движении (в нашем примере шпинделем 1), и исполнительным звеном, не участвующим в рассматриваемом относительном движении (бабкой 2). Внутренняя кинематическая связь определяет характер исполнительного движения. Скорость последнего такой связью не определяется.

Внешняя кинематическая связь (рис. 3,б) — это связь между подвижным исполнительным звеном (шпинделем 1) и источником движения (электродвигателем 3). Связь осуществляется несколькими звеньями, и при помощи органа настройки i_u , производится кинематическая настройка на заданную скорость исполнительного движения при неизменной скорости электродвигателя. Органами настройки могут быть сменные зубчатые колеса (механизм гитары), сменные шкивы, коробки скоростей и подачи. В структурных кинематических схемах станков промежуточные звенья кинематических связей будем условно изображать штриховой линией, а органы настройки — ромбом, как это сделано на рис. 3,в.

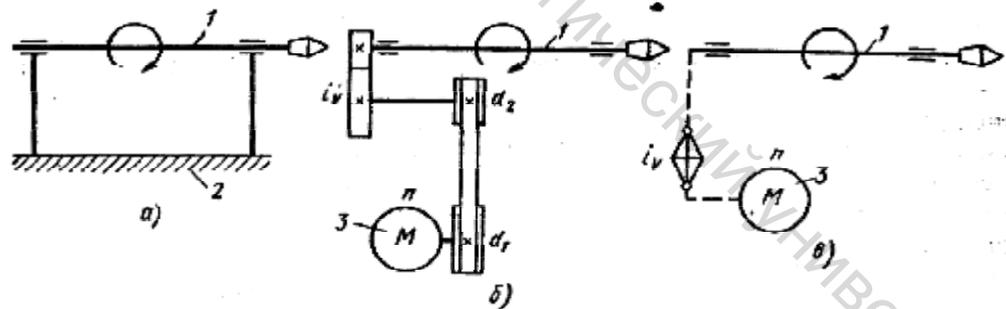


Рис. 3 Кинематические связи.

На рис. 4,а показана внутренняя связь, а на рис. 4,б — структурная схема токарного станка с резьбонарезной цепью. В этом станке сложное исполнительное движение по винтовой линии, состоящее из двух простых движений — вращательного (шпинделя) u и прямолинейного (суппорта) s , осуществляется двумя кинематическими связями, которые настраиваются органом настройки i_s .

На рис. 4,в показана кинематическая связь для обеспечения более сложных исполнительных формообразующих движений, состоящих из трех простых движений. Резьба на конусе нарезается одним сложным движением, составленным из одного вращательного (шпинделя) v и двух прямолинейных (суппорта) — s и s_n . Внутренняя кинематическая связь состоит из двух внутренних кинематических цепей. Например, для получения резьбы заданного шага t служит цепь, связывающая простые движения — вращательное (шпинделя) u и

поступательное (суппорта в продольном направлении) s , настраиваемая органом настройки i_s . Для получения заданной конусности кинематическая цепь связывает продольное и поперечное перемещения суппорта и настраивается органом настройки i_n . Внутренняя связь соединена с источником движения одной внешней кинематической связью, настраиваемой органом настройки i_u . Обе кинематические связи составляют одну кинематическую группу.

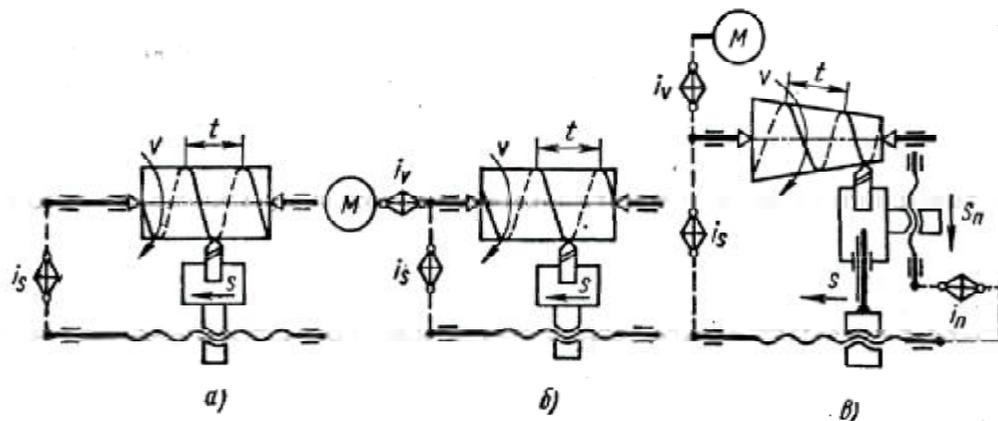


Рис. 4 Кинематическая структура.

Количество кинематических групп, из которых складывается кинематическая структура станка, соответствует количеству относительных движений между заготовкой и режущим инструментом, осуществляющих при обработке процессы резания, формообразования и Деления. Для делительного движения в кинематическую группу вводят отсчетное устройство (звено), которое и соединяют кинематической связью с конечным звеном делительной группы. На рис. 5 показана структурная схема группы деления, где в качестве отсчетного устройства применен делительный диск 1 с фиксатором 2. Кинематическая группа резания структурно не отличается от группы формообразования. Для осуществления рабочих движений металлорежущий станок должен иметь исполнительные звенья (шпиндель, стол, суппорт и т. и.) и кинематические связи их как между собой, так и с источником движения (электродвигателем).

В схемах, рассмотренных ранее, исполнительные связи осуществлялись механическими средствами, с помощью различных передач. В практике, станкостроения используют и другие средства — гидравлические, электрические, пневматические и т. д.

Гидравлические приводы широко применяют в современных станках. Обеспечивая бесступенчатое регулирование скоростей, автоматическую защиту от перегрузки стайка и надежную смазку, они позволяют получить значительные усилия при сравнительно небольших размерах привода. Гидравлический привод включает в себя насос, контрольно-регулирующую аппаратуру, гидродвигатели. Последние делятся на две группы: вращательные, называемые гидромоторами, и осуществляющие прямолинейное движение — гидроцилиндры. В качестве рабочей жидкости применяют очищенное минеральное масло (индустриальное 12 и 20, турбинное 22).

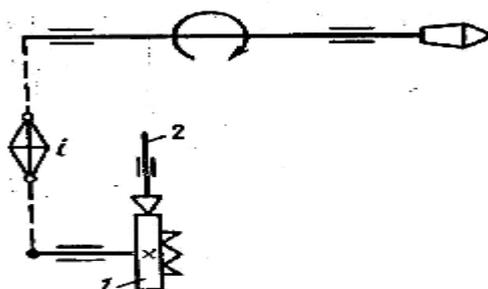


Рис. 5 Структурная схема деления.

4.4. Кинематическая настройка станков.

Чтобы обеспечить необходимые перемещения конечных звеньев кинематической цепи для получения заданных формы и размеров детали, производят кинематическую настройку станка, которая в основном сводится к определению параметров органа настройки. Расчетные перемещения звеньев определяют исходя из формы поверхности, которая должна быть образована на заготовке, и вида режущего инструмента. Затем по кинематической цепи составляют уравнение кинематического баланса, связывающее начальное и конечное перемещения, и находят зависимость параметра органа настройки от расчетных перемещений и постоянных цепи.

Кинематическая цепь составляется из движущихся сопряженных между собой и передающих друг другу движения деталей. Если началом кинематической цепи является электродвигатель (рис. 3,б), то можно найти связь между начальным и конечным звеньями:

$$n \frac{d_1}{d_2} h_p i_p = n_{ун} , \quad (4.1)$$

где $n, n_{ун}$ — частота вращения начального и конечного звеньев; h_p, i_p — КПД и передаточное отношение ременной передачи.

Для удобства вычислений рекомендуется в уравнении кинематического баланса (4.1) выделить постоянные величины структурной формулы и подсчитать их как коэффициент данной кинематической цепи, например:

$$n \frac{d_1}{d_2} h_p i_p = C_{ун} i_u = n_{ун} \quad (4.2)$$

Это выражение справедливо и для станков, в цепи главного движения которых в качестве органа настройки используется коробка скоростей. Тогда в выражении (4.2) i_u будет передаточным отношением коробки скоростей.

Уравнение кинематического баланса для цепи главного вращательного движения имеет вид (об/с)

$$n_c i = n_k , \quad (4.3)$$

где n_c и n_k — частота вращения соответственно начального и конечного звена, об/с; i — передаточное отношение кинематической цепи.

Уравнение кинематического баланса для цепи, у которой начальное звено имеет вращательное движение, а конечное — прямолинейное, будет (мм/с)

$$n_c i H = s_c ,$$

где H — ход кинематической пары, преобразующей вращательное движение в прямолинейное, мм/об; s_c — линейное перемещение конечного звена, мм/с.

Величина хода равна перемещению прямолинейно движущегося звена за один оборот вращающегося звена. Для винтовой пары (винт — гайка)

$$H = k t_{\epsilon} , \quad (4.4)$$

где t_{ϵ} — шаг ходового винта, мм; k — число заходов.

Для реечной передачи.

$$H = p m z ,$$

где m — модуль зацепления, мм; z — число зубьев реечного колеса.

На этом основании уравнение кинематического баланса для секундной подачи (мм/с): для цепи с винтовой парой

$$n_c i k t_{\epsilon} = s_c \quad (4.5)$$

для реечной передачи

$$n_c i p m z = s_c \quad (4.6)$$

Уравнение кинематического баланса для оборотной подачи (мм/об)

$$1 \text{ об} \cdot i H = s , \quad (4.7)$$

где s — линейное перемещение конечного звена, мм/об.

Из уравнений (4.5)—(4.7) определяют передаточное отношение органа настройки. Например, из уравнения (4.2) находят

$$i_g = n_{un} / C_{un} \quad (4.8)$$

Это выражение является формулой настройки сменных колес гитары скоростей цепи (см. рис. 3,б).

Анализ структурных схем металлорежущих станков позволяет сделать следующие выводы. Кинематическая структура станков зависит от геометрической формы, размеров обрабатываемой поверхности и метода обработки. Чем меньше необходимое число исполнительных формообразующих движений, тем меньше кинематических цепей в структуре станка, тем проще его кинематика и конструкция. Существенное значение имеют и другие факторы, например точность и шероховатость поверхности, динамика резания, условия обслуживания станка, а также экономические факторы.

5. Элементы кинематических цепей.

5.1. Механизмы включения и выключения.

Механизмы включения и выключения могут быть разбиты на управляемые и самоуправляющиеся. Управляемые механизмы переключаются либо непосредственно вручную, либо с помощью специальных приводов, срабатывающих при поступлении соответствующих сигналов управления, которые подаются либо рабочим, обслуживающим станок, либо системой автоматического управления. Самоуправляющиеся механизмы срабатывают либо при изменении скорости того или иного участка кинематической цепи, либо при возрастании крутящего момента, передаваемого данным механизмом выключения.

Управляемые механизмы включения и выключения. К числу этих механизмов относятся: 1) подвижные шестерни (рис.6, а), 2) подвижные шпонки (рис.6, б), 3) кулачковые муфты (рис.6, г и д), 4) накидные шестерни (рис.6, в) и 5) фрикционные муфты (рис.7).

Подвижная шестерня 2 (рис.6, а) может скользить вдоль оси вала // на шпонке, или на шлицах и сцепляться либо с шестерней /, либо 3. При этом движение передается от вала II либо валу /, либо валу ///. При среднем положении подвижной шестерни обе кинематические цепи, связанные с валом / и ///, выключены. Та или иная кинематическая цепь включается перемещением подвижной шестерни вправо или влево. Для облегчения включения торец зуба шестерен должен быть скошен и закруглен. Расстояние между торцами неподвижных шестерен должно быть несколько больше ширины подвижной шестерни b , с тем, чтобы при среднем положении подвижной шестерни торцы зубьев не задевали бы друг друга. Таким образом, общая длина механизма должна быть несколько больше $3b$.

Механизм такого типа отличается: простотой конструкции, высокой жесткостью, так как в системе имеется всего один подвижный стык, высоким к. п. д., так как при включении одной кинематической цепи все звенья другой цепи выключаются, компактностью. Следует заметить также, что конструкция механизма способствует уменьшению биения шестерен, так как неподвижные шестерни сидят на напряженной посадке, а подвижная — на скользящей, которая обеспечивают хорошее центрирование.

Вследствие указанных особенностей данный механизм хорошо работает как при высоких, так и при низких скоростях и при передаче как больших, так и малых крутящих моментов.

Недостатком данного механизма является невозможность переключения на ходу, повышенный износ торцов зубьев.

Благодаря отмеченным выше достоинствам данный механизм находит широкое применение в кинематических цепях станков и, в частности, в коробках скоростей и подач.

При использовании подвижной шпонки (рис.6, б) на ведущем валу // свободно сидят две шестерни 4 и 6 со шпоночными пазы, которые находятся в постоянном зацеплении с шестернями, сидящими на ведомых валах; Подвижная шпонка 3 качается на оси /, расположенной в муфте 2 и перемещается по пазу вала //. Под действием пружины 7 шпонка стремится переместиться в радиальном направлении. При перемещении подвижной шпонки в осевом направлении она совмещается с одной из шестерен 4 или 6 и под действием пружины заскакивает в паз шестерни, сцепляя ее с валом. Для того чтобы при переключении не произошло одновременного Включения двух шестерен между ними помещена шайба 5, которая утапливает шпонку в момент переключения.

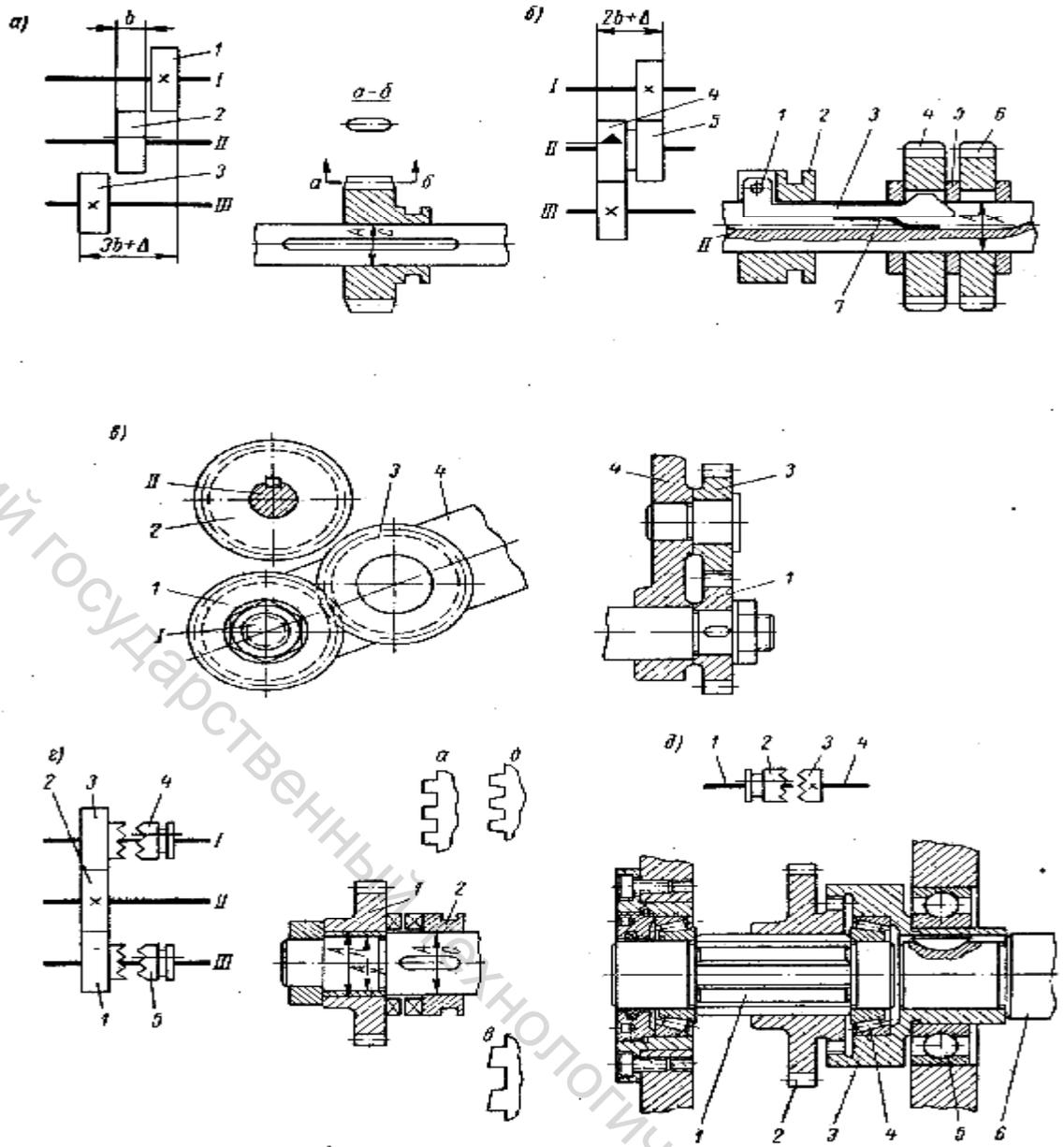


Рис. 6 Механизмы включения и выключения.

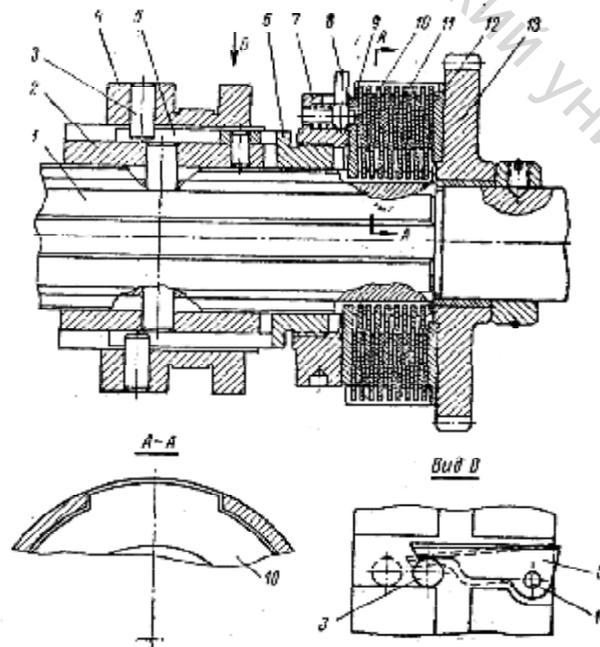


Рис. 7 Фрикционная муфта.

Данный механизм по сравнению с предыдущим имеет ряд недостатков. Передача момента осуществляется короткой шпонкой, которая сидит на свободной посадке как в пазу вала, так и в шпоночном пазу шестерни, что приводит к перекосу шпонки при передаче крутящего момента. В этих условиях Механизм не может передавать больших крутящих моментов вследствие плохого контакта стыковых поверхностей. Монтаж шестерен на Ходовой посадке приводит к увеличению зазоров и повышенному биению. При включении одной из кинематических цепей шестерня, передающая вращение второй кинематической цепи, остается сопряженной с ведущим валом, что вызывает дополнительные потери и приводит к снижению к. п. д. Конструкция механизма сложнее, чем у предыдущего.

Вследствие указанных недостатков механизм находит ограниченное применение, преимущественно при передаче малых крутящих моментов в коробках подач некоторых моделей сверлильных и револьверных станков.

Для включения и выключения кинематических цепей может быть использован механизм, с накидной шестерней (рис.6, в). Шестерни *1* и *2* ведущего и ведомого валов сцепляются через промежуточную шестерню *3*. Шестерня *3* смонтирована на пальце поворотного рычага *4* и находится в постоянном зацеплении с шестерней *1*. В зацепление с шестерней *2* шестерня *3* вводится поворотом рычага *4*. После включения рычаг удерживается в требуемом положении фиксатором, который воспринимает распорную силу, действующую со стороны шестерни *2* на шестерню *3*. Так как фиксирующее устройство состоит из ряда звеньев, деформирующихся под действием распорной силы, то данный механизм не обеспечивает надежного сцепления включенных зубчатых колес. Конструкция данного механизма сложнее конструкции механизма с подвижной шестерней, а к. п. д. ниже благодаря наличию промежуточной шестерни. Механизм находит ограниченное применение, главным образом в коробках подач токарно-винторезных станков.

В механизмах с кулачковой муфтой (рис.6, г) ведущая шестерня *2* жестко закреплена на валу *II*. Шестерни *I* и *3*, передающие движение валам *I* и *III*, находятся в постоянном зацеплении с шестерней *2* и сидят на валах свободно. Включение той или иной кинематической цепи осуществляется с помощью кулачковых муфт *4* и *5*. Кулачковые муфты имеют торцовые зубцы профиля *a* или *b*, сцепляющиеся с аналогичными торцовыми зубцами шестерен. При профиле *b* для выключения муфты требуется меньшее усилие выключения, чем при профиле *a*. Вместо торцовых муфт могут быть использованы зубчатые муфты (рис.6, д). В этом случае

сцепление осуществляется с помощью обычной зубчатой шестерни *2*, которая вводится в зацепление с внутренними зубцами полумуфты *3*.

Механизмы включения с кулачковыми и зубчатыми муфтами удобны для сцепления соосных валов (рис.6, д). Вал *I*, расположенный соосно с валом *б*, поддерживается подшипником *4*, размещенным в полумуфте *3*, сидящей на валу *б*. Вал *б* монтируется на двух опорах, из которых одной является подшипник *5*, а вторая не показана на чертеже.

Механизм, представленный на рис.6, г, имеет пониженную крутильную жесткость благодаря наличию нескольких подвижных стыков и повышенное биение зубчатых колес, которые сидят на ходовой посадке на промежуточных втулках, или подшипниках качения. Потери мощности в этом механизме, так же как и в механизме с подвижной шпонкой, больше, чем в механизме с подвижными шестернями. Конструкция механизма сложнее.

Для переключения на ходу данный механизм используется в отдельных случаях при числе оборотов, обычно не превышающем 120—150 в минуту. В последнее время применяются механизмы включения с зубчатыми муфтами с синхронизатором, представляющим собой фрикционную муфту, выравнивающую скорости вращения полумуфт в момент включения. Такие муфты можно включать при высоких скоростях. При введении дополнительного синхронизатора конструкция муфты усложняется.

Кулачковые муфты изготавливаются из сталей 20Х, 40Х, 12ХНЗА, 12Х2Н4А. Муфты из малоуглеродистых сталей подвергаются цементации и закалке, из высокоуглеродистых — закалке до высокой твердости $HRC > 50$.

Кинематические цепи с фрикционными муфтами имеют такую же структуру, как кинематические цепи с кулачковыми муфтами. Конструкции фрикционных муфт, применяемых в станках, чрезвычайно многообразны и рассматриваются в специальной литературе, посвященной муфтам, и в литературе по деталям машин. Наибольшим распространением

пользуются муфты с металлическими дисками, работающими в масле, отличающиеся компактностью конструкции. Одна из нормализованных в станкостроении конструкций подобной муфты приведена на рис.7. Шестерня 13, жестко связанная с чашкой 12, свободно сидит на валу 1. На цилиндрической части чашки 12 прорезаны сквозные пазы, в которые входят выступы дисков 10, чередующихся с дисками 11. На валу / диски 10 сидят свободно, а диски // связаны с валом 1 шлицами. Диски 10 и 11 при включении муфты сжимаются " с помощью толстого диска 9. Сжатие дисков при включении муфты осуществляется с помощью подвижной гильзы 4, в которой расположены штифты 3. При перемещении гильзы штифты воздействуют на три собачки 5, расположенные в пазах втулки 2, закрепленной на валу 1. Под действием штифтов собачки поворачиваются вокруг осей 14 и нажимают на кольцо, на котором на резьбе сидит нажимная гайка 7, воздействующая на нажимной диск 9. Для регулирования усилия нажима гайку 7 можно перемещать в осевом направлении, навертывая ее на резьбу кольца 6. В требуемом положении гайка закрепляется пружинным фиксатором 8, который после регулирования усилия нажима вводится в одно из отверстий, расположенных по окружности нажимного диска 9.

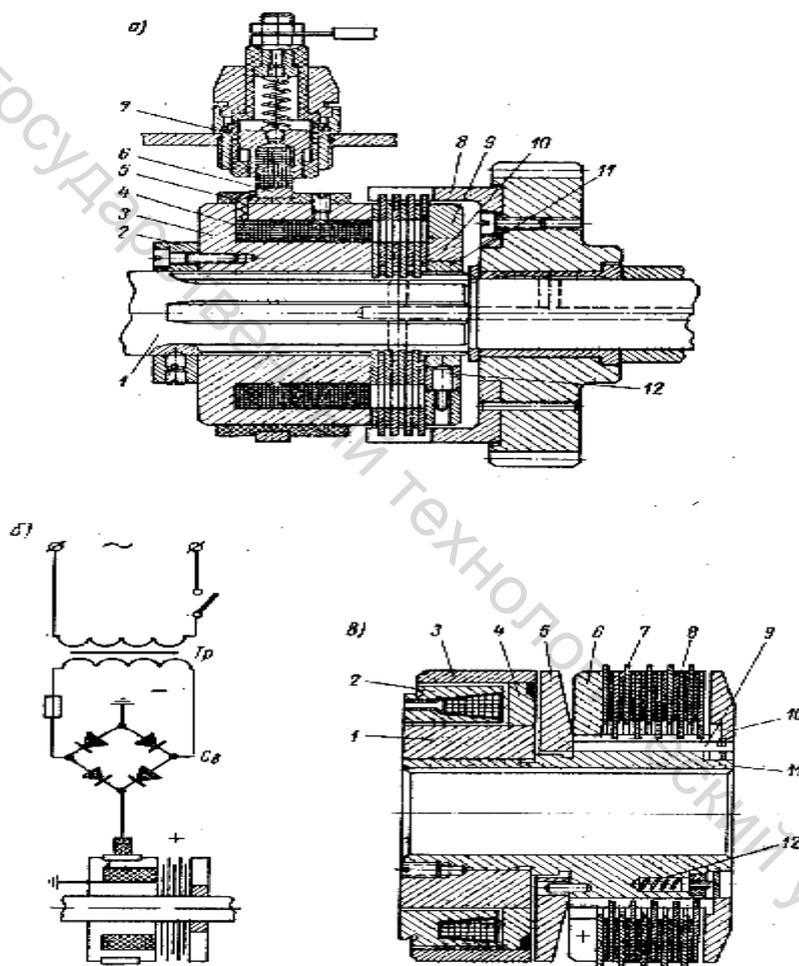


Рис. 8 Электромагнитные фрикционные муфты.

Значительное распространение находят в станках электромагнитные фрикционные муфты (рис.8). Конструкции фрикционных электромагнитных муфт очень разнообразны. По основным конструктивным особенностям электромагнитные фрикционные муфты могут быть разбиты на следующие группы: муфты с магнитопроводящими дисками (рис.8,а), муфты с вынесенным якорем (рис.8, в) и порошковые муфты. Муфты могут быть выполнены как с вращающейся, так и с неподвижной катушкой. На рис.8, а представлена муфта с вращающейся, на рис.8, б — с неподвижной катушкой.

Вращающаяся катушка 3 сидит на шлицах на валу / и удерживается от осевого смещения стопорным кольцом 2. Обмотка 4 катушки получает питание от щетки 7 через токоподводящее кольцо 6, изолированное от корпуса втулкой 5. Схема питания катушки представлена на рис.8, б. От трансформатора напряжение подается к селеновому выпрямителю, который и является источником питания. Один конец источника питания подключен к щёт-

ке, а второй — к корпусу, к которому также подключен второй конец обмотки катушки электромагнитной муфты. Питание муфты осуществляется током напряжением 36 В.

Магнитный поток, создаваемый катушкой, замыкается через диски муфты и якорь (рис.8, а). Якорь состоит из трех частей. Внутреннее кольцо 11 выполнено из бронзы и изолирует магнитный поток от вала. Кольцо 9 сидит на кольце 10 на скользящей посадке и может смещаться в осевом направлении. Смещение кольца 9 ограничено тремя штифтами 12. Благодаря смещению кольца 9 обеспечивается лучшее прилегание поверхности якоря к дискам.

При включении муфты якорь притягивается к катушке и сжимает диски. При выключении муфты волнообразные кольцевые пружины, расположенные между внутренними дисками, разжимают диски, отодвигая якорь вправо.

Диски изготовлены из стали 45Г и закалены до твердости *HRC* 40—45. Для уменьшения рассеивания магнитного потока диски снабжены фасонными вырезами.

Муфты этого типа работают в масле, которое либо подается на поверхность муфты, либо поступает через полый вал.

Самоуправляющиеся механизмы включения и выключения. Самоуправляющиеся механизмы включения и выключения кинематических цепей могут быть разбиты на три группы: 1) муфты обгона, которые срабатывают при изменении числа оборотов, связанного с муфтой вала, 2) механизмы автоматического выключения, размыкающие кинематическую цепь при ограничении перемещения рабочего органа с помощью жесткого ограничителя, и 3) предохранительные муфты, срабатывающие при возникновении перегрузки в кинематической цепи.

Муфты обгона. При наличии муфты обгона 2 (рис.9, а) вал // может получать вращение от одной из двух кинематических цепей, сообщающих ему вращение в одном направлении с разной скоростью. При медленном вращении вал // получает движение от вала / через червячную передачу. При этом вал ///, сообщающий быстрое вращение валу // выключен с помощью фрикционной муфты 3, а шестерня /, свободно сидящая на валу //, автоматически сцепляется с валом с помощью муфты обгона 2. При включении муфты 3 вал // получает быстрое вращение в том же направлении, в котором он вращался медленно, при этом муфта обгона автоматически расцепляет вал // с шестерней /).

Подобная схема пользуется значительным распространением в токарных автоматах. Более простое решение может быть получено при использовании в цепи быстрых ходов индивидуального электродвигателя (рис.9, б).

Недостатком рассмотренной схемы является то, что вал // получает быстрое вращение только в одном направлении. Применяя другой вариант муфты обгона 1 (рис.9, в) можно сообщить валу II быстрое вращение в обоих направлениях. В этом случае быстрое вращение передается поводковой втулке 2, которая при включении быстрого хода автоматически расцепляет вал // с червячной шестерней.

При соответствующей конструкции муфты обгона вал // может получать также и медленное вращение в обоих направлениях.

В качестве муфт обгона могут быть применены храповые и роликовые муфты. Наибольшим распространением пользуются роликовые муфты (рис.9, г и д).

При медленном вращении против часовой стрелки вал / (рис.9, г) получает движение от червячной шестерни 2. Шестерня 2 сидит на ступице чашки 3, которая свободно вращается на валу. Чашка 3 при медленном вращении связывается с валом / с помощью роликов 4, расположенных в вырезах диска 5. Вырезы диска 5 и внутренняя поверхность чашки 3 образуют клиновое пространство. Ролики 4 под действием пружин 7 прижимаются к внутренней поверхности чашки 3. При медленном вращении против часовой стрелки трение между роликами 4 и чашкой 3 увлекает ролики, которые заклиниваются и связывают диск 5 с чашкой 3, которые при этом вращаются как одно целое, передавая движение валу /.

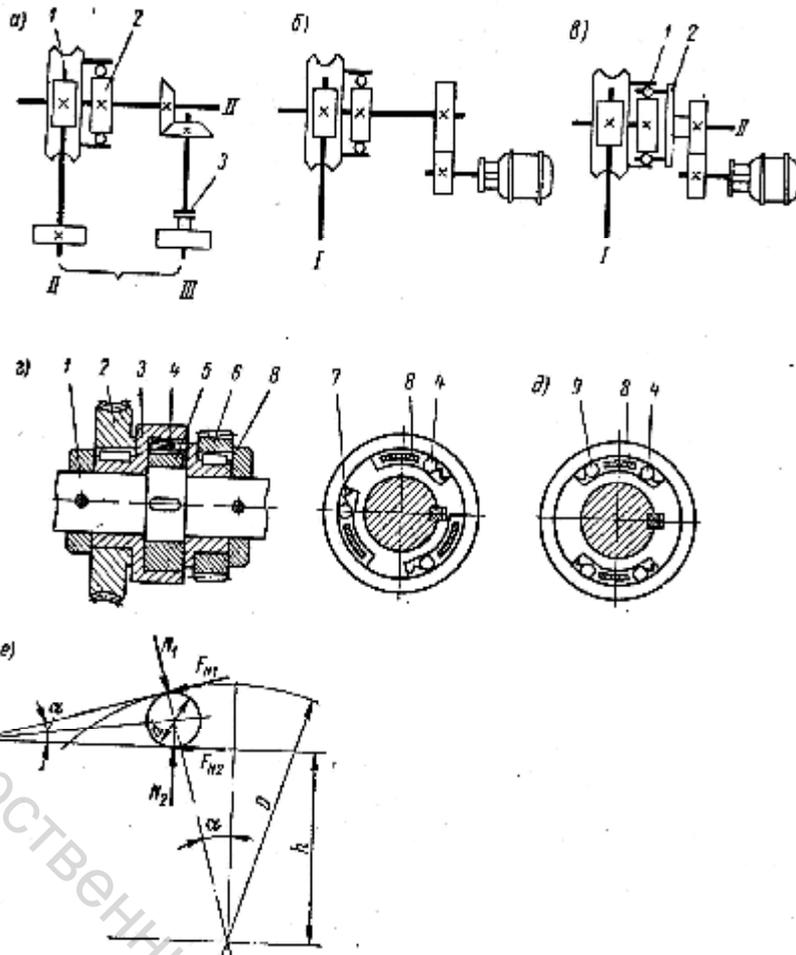


Рис. 9 Муфта обгона.

При быстром вращении вала *1* также против часовой стрелки силы трения действуют на ролики в обратном направлении, и ролики *4*, откатываясь в более широкую часть выреза диска *5*, не препятствуют быстрому вращению вала *1*, который обгоняет медленно вращающуюся чашку *3*. Если механизм выполняется без поводковой втулки *8*, то быстрое вращение вала *1* в противоположном направлении невозможно, так как ролики *4* при этом заклиниваются. В таком виде механизм применяется в тех случаях, когда требуется быстрое вращение в одном направлении.

Для обеспечения быстрого вращения вала *1* в обоих направлениях движение передается не непосредственно валу, а поводковой втулке *8*, на ступице которой сидит на шпонке шестерня *6* быстрого хода. Поводковая втулка сидит на валу *1* свободно. Торцовые кулачки поводковой втулки входят в вырезы диска *5*. При вращении шестерни *6* против часовой стрелки кулачки втулки *8* увлекают диск *5*, а вместе с ним вал *1* и процесс протекает, как описано выше. При вращении шестерни по часовой стрелке поводковая втулка *8* в первый момент немного поворачивается относительно вала *1* и своими кулачками выбивает ролики *4* из клинового пространства, и через ролики передает движение диску *5*, тем самым не давая им заклинить. Если муфта обгона должна также передавать медленное движение в обоих направлениях, то диск *5* (рис.9д) снабжается вырезами двух типов, направленных в противоположные стороны. При медленном вращении против часовой стрелки движение передается роликами *4*, как описано выше, а ролики *9* в передаче вращения не участвуют. При медленном вращении по часовой стрелке движение передается роликами *9*.

При быстром вращении против часовой стрелки ролики *4* откатываются в широкую часть выреза силой трения, а ролики *9* — отжимаются кулачками поводковой втулки. При быстром вращении по часовой стрелке ролики *9* откатываются силой трения, а ролики *4* отжимаются кулачками поводковой втулки.

Муфты обгона различной конструкции находят значительное распространение в станках-автоматах и полуавтоматах, так как при использовании подобных муфт и индивидуальных электродвигателей быстрых ходов упрощается конструкция привода быстрых ходов и

система управления, так как отпадает необходимость в специальных механизмах переключения.

5.2. Механизмы переключения подвижных звеньев.

Для переключения кинематических цепей необходимо осуществить перемещение соответствующих подвижных элементов — подвижных шестерен, шпонок, подвижных деталей муфт. Для перемещения подвижных элементов используются поводковые (рис. 10, *a*, и *б*) и ползунковые (рис. 10, *г* и *д*) механизмы переключения.

Поводковый механизм состоит из поводка 2, закрепленного на оси 6. На пальце поводка 5 сидит сухарь 4, который входит в кольцевую выточку подвижного элемента /. При повороте вала 6 с помощью рукоятки или привода механизма переключения подвижной элемент перемещается по валу 3.

При использовании поводка сила, приложенная к подвижному элементу, создает момент, что при малой длине ступицы может затруднить переключение. При замене поводка вилкой 2 (рис. 10, *б*) появление момента устраняется при условии совместной работы сухарей.

Вместо сухаря 4, представленного на рис. 10 *a*, может быть использован сухарь / (рис. 10, *б*), выполненный заодно с осью. В последнем случае может быть уменьшена ширина сухаря и паза подвижного элемента. Сухарь может быть заменен вилкой, показанной на рис. 10, *в*, которая охватывает подвижной элемент с торцов.

Поводковые механизмы отличаются простотой конструкции. Однако их применение ограничено сравнительно небольшой длиной хода, так как при большой длине хода сухарь может выйти из паза. При использовании поводковых механизмов для перемещения подвижных шестерен надо правильно выбрать расстояние от кольцевого паза до торца шестерни, так как при слишком близком расположении кольцевого паза к торцу шестерни последняя может задевать за поводок, например это может иметь место при перемещении шестерни 1 (рис. 10, *a*) вправо.

При ползунковых механизмах длина хода не ограничивается. В кольцевой паз подвижного элемента 2 (рис. 10, *г*) входит вилка ползунка 3. Для перемещения ползунка может быть использована зубчато-реечная передача. С ползунком, перемещающимся по штанге /, связана рейка 4, которая получает движение от сектора или шестерни 5; сектор поворачивается вручную или с помощью соответствующего привода механизма переключения.

Ползунок / может иметь также форму, показанную на рис. 10 *д*.

Для перемещения ползунков и поводков применяются также различного рода кулачки (рис. 10, *е*, *ж*). Установив на одном валу группу кулачков, или кулачок с несколькими пазами, можно поворотом одного вала управлять несколькими механизмами. Вследствие чего кулачковые механизмы переключения находят применение для переключения скоростей и подач.

Приводы механизмов переключения. Механизмы переключения могут приводиться в действие вручную или с помощью специальных приводов. При автоматическом управлении наличие специальных приводов обусловлено необходимостью, так как переключение должно быть осуществлено по поступлении соответствующей команды. Однако и при ручном управлении во многих случаях механизмы переключения снабжаются специальными приводами. Специальные приводы используются: при дистанционном управлении, когда механизм переключения расположен на значительном расстоянии от местонахождения рабочего, для сокращения числа рукояток в механизмах переключения скоростей и подач и других случаях.

Витебский государственный технологический университет

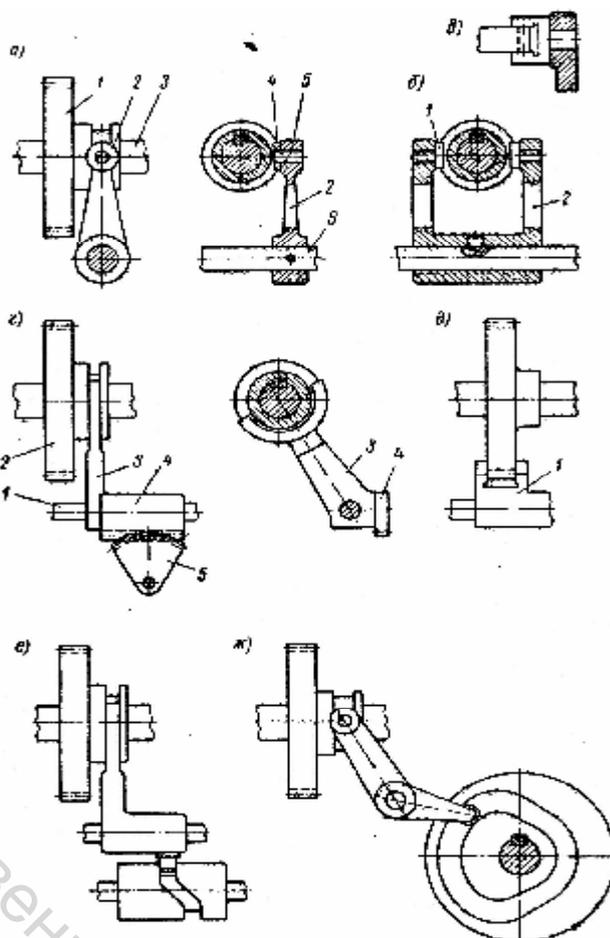


Рис. 10 Механизмы переключения подвижных звеньев.

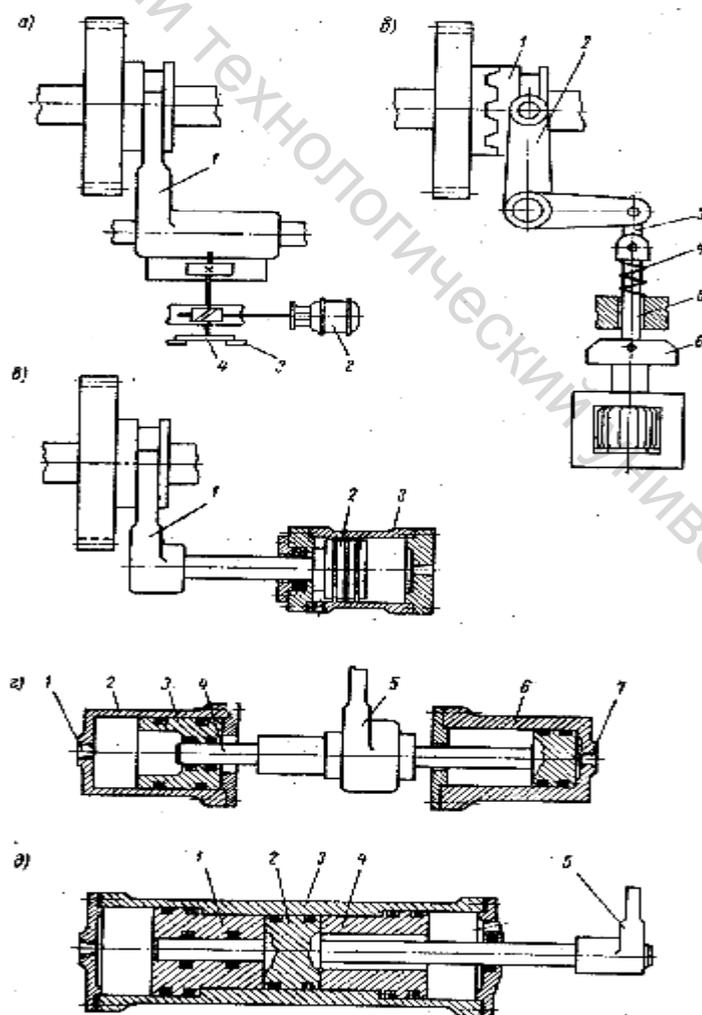


Рис. 11 Приводы механизмов переключения.

В качестве привода механизма переключения может быть использован электродвигатель небольшой мощности (рис. 11, *a*). Ползунок / получает движение от электродвигателя 2 через червячную и зубчато-реечную передачи. Величина перемещения ограничивается ограничителями 3, расположенными на диске 4, закрепленном на валу червячного колеса. Приводы этого типа сравнительно громоздки и применяются главным образом в станках больших размеров.

Электропривод может быть также использован для поворота кулачкового вала, осуществляющего перемещение подвижных элементов.

В качестве привода в механизмах переключения применяются тяговые электромагниты (рис. 11б). Якорь 6 тягового электромагнита связан штангой 5, перемещающейся в направляющих, и серьгой 3 с поводком 2, перемещающим подвижный элемент 1. Включение осуществляется пружиной 4, выключение — электромагнитом. Тяговые электромагниты обычно применяются при сравнительно небольших усилиях переключения 3—5 кГ, так как при больших усилиях механизм становится громоздким.

Весьма широко используются в механизмах переключения поршневые приводы, преимущественно гидравлические, (рис. 11в). Вилка / закрепляется непосредственно на штоке поршня 2. Переключение производится подачей масла либо в одну, либо в другую полость цилиндра 3.

В ряде случаев подвижный элемент должен иметь три фиксированных положения, например подвижная шестерня, показанная на рис. 6, *a*. Три фиксированных положения могут быть получены при специальной конструкции поршневого привода (рис. 11, *г* и *д*).

Привод, представленный на рис. 11, *г*, имеет два самостоятельных цилиндра 2 и 6. Вилка переключения 5 размещается на средней части штока 4. В цилиндре 2 помещается полый поршень 3 и конец штока 4, который также является поршнем. В цилиндре 6 помещается только конец штока 4, являющийся поршнем. При подаче масла через отверстие 7 в цилиндр 6, шток 4 перемещается влево; а из цилиндра 2 масло направляется в бак через отверстие /.

При перемещении штока 4 влево его буртик упирается в торец полого поршня 3 и далее шток и поршень двигаются совместно, пока шток не займет крайнее левое положение. При подаче масла в цилиндр 2 шток 4 и поршень 3 совместно двигаются вправо. Движение поршня 3 ограничивается упором, а шток перемещается в крайнее правое положение. При подаче масла в оба цилиндра поршень 3 прижимается к упору и ограничивает перемещение штока 4 вправо под действием давления масла в полости цилиндра 6, так как к поршню 3 приложена большая сила, чем к штоку 4.

Поршневой привод, представленный на рис. 11, *д*, имеет один цилиндр 3, внутри которого сделан уступ. Перемещение вилки переключения 5 осуществляется с помощью поршня 2, на штоке которого закреплена вилка, и полых поршней / и 4. При подаче масла в одну из полостей цилиндра поршень 2 занимает крайнее правое или крайнее левое положение. При подаче масла в обе полости цилиндра полые поршни прижимаются к гильзе 3 и удерживают поршень 2 в среднем положении.

Имеется ряд других конструкций поршневых приводов, позволяющих получить три фиксированных положения.

В механизмах переключения подвижных шестерен, кулачковых и зубчатых муфт в привод вводится упругое звено, исключающее поломку механизма при неправильном включении, например при совпадении торцов зубьев.

В качестве привода механизма переключения может быть использован пружинный механизм. Пружинные приводы преимущественно применяются в механизмах автоматического останова и переключения и рассматриваются ниже.

5.3. Предохранительные устройства.

Для автоматического выключения кинематической цепи при возрастании крутящего момента свыше допустимого широко используется механизм с падающим червяком (рис. 12, *a*). Червяк 5 смонтирован в подшипнике поворотного кронштейна 3. К кронштейну 3 прикреплена планка 6, которая опирается на верхнюю плоскость рычага 12. При включенной червячной передаче верхняя плоскость рычага 12 занимает горизонтальное положение. Распорная сила, действующая на червяк, воспринимается рычагом 12, который не позволяет пе-

редаче разомкнуться. При повороте кронштейна по часовой стрелке червяк 5 выходит из зацепления с червячной шестерней.

Червяк 5 получает вращение от вала 1, который связан универсальным шарниром 2 с валом 4. От вала 4 вращение передается червяку 5 через муфту 7, торцовые зубцы которой зацепляются с торцовыми зубцами ступицы червяка. Зубцы муфты 7 прижаты к зубцам червяка под действием пружины 8. Натяжение пружины, а соответственно величина передаваемого крутящего, регулируется с помощью гайки 9.

При возрастании крутящего момента свыше допустимого, муфта 7 под действием осевой составляющей усилия, приложенного к торцовым зубцам, перемещается вправо. При этом торец муфты нажимает на рычаг 12, который, поворачиваясь вокруг оси 13, освобождает планку 6 и кронштейн 3 с падающим червяком 5 опускается вниз под действием собственного веса и давления пальца 10, закрепленного в рычаге //, который сидит на одной оси с рычагом 12.

Включение падающего червяка производится вручную поворотом оси 13 с помощью рукоятки. При этом рычаг 12, действуя на планку 6, поднимает кронштейн 3 с червяком 5.

Падающие червяки рассмотренного типа применяются на многочисленных моделях токарных станков, выпускаемых отечественной промышленностью.

Значительным распространением пользуется также другая модификация механизма с падающим червяком, представленная на рис. 12, б. Падающий червяк 4, получающий вращение через муфту 5, аналогичную рассмотренной выше, смонтирован в люльке 3, которая может поворачиваться вокруг оси вала 6. Передача вращения от вала 6 к валу червяка осуществляется шестернями 1—2. Во включенном положении червяк поддерживается защелкой той или иной конструкции, на которую опирается люлька 3. При возрастании момента выше допустимой величины срабатывает муфта 5 и освобождает защелку, вследствие чего люлька 3 опускается, поворачиваясь вокруг оси вала 6, и червяк 4 расцепляется с червячным колесом.

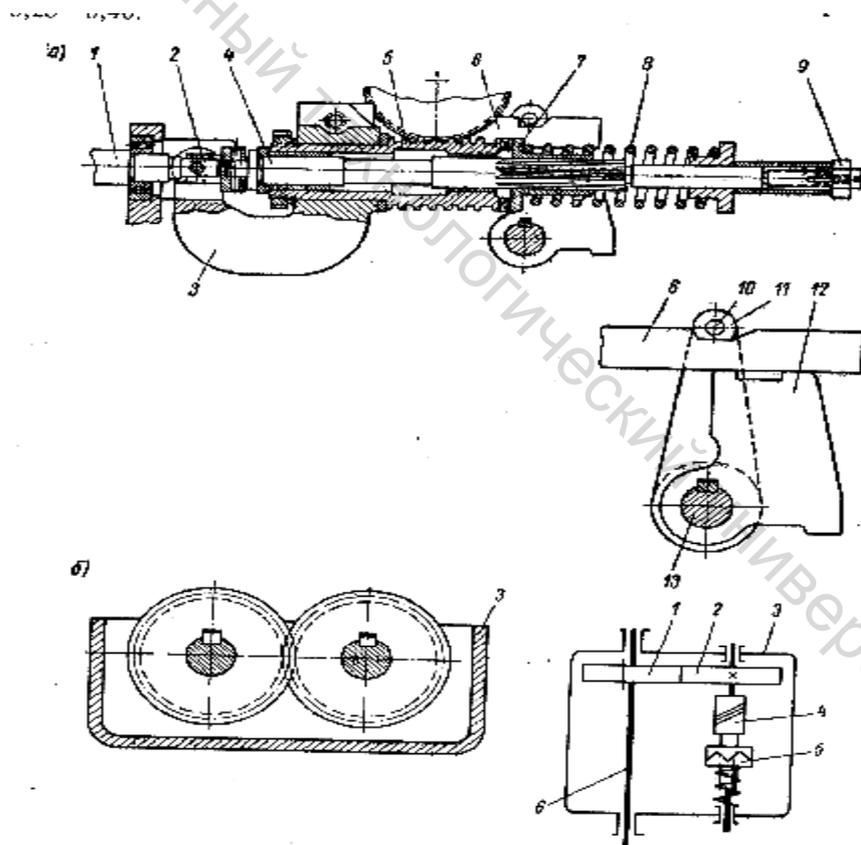


Рис. 12 Падающий червяк.

Падающие червяки этого типа применяются в ряде отечественных и зарубежных моделей токарных и револьверных станков.

В качестве проскальзывающих муфт могут быть использованы различные фрикционные и кулачковые муфты, а также муфты специальной конструкции.

В предохранительных фрикционных муфтах сжатие дисков происходит под действием пружины, сила которой рассчитана так, что при возрастании крутящего момента свыше допустимой величины диски начинают проскальзывать и при вращающейся ведущей части муфты ведомая остается неподвижной.

Так как фактическая величина коэффициента трения может значительно отличаться от расчетной, то и момент, при котором муфта срабатывает, может колебаться в значительных пределах.

Кулачковые проскальзывающие муфты со скошенными торцовыми кулачками аналогичны муфтам, применяемым в рассмотренных выше механизмах, размыкающих кинематическую цепь при возрастании крутящего момента. Отличие заключается в том, что при возрастании момента не происходит размыкания кинематической цепи и муфта работает как трещотка, что вызывает повышенный износ муфты.

Из числа многочисленных специальных конструкций муфт значительным распространением пользуются шариковые муфты. Один из вариантов шариковой муфты представлен на рис. 13а. Предохранительная муфта связывает шестерню 3 с диском 5. Связь осуществляется с помощью шариков 4, расположенных в отверстиях, выполненных в теле шестерни 3. Шарики заходят также в отверстия диска 5. К диску 5 шарики прижимаются пружинами 6. Натяжение пружин, а соответственно и величина передаваемого крутящего момента, регулируется с помощью гайки 1, перемещающей плунжер 2. При перегрузке кромки отверстий диска 5 отжимают шарики и муфта работает как трещотка.

Усилие пружин может быть определено в соответствии с методикой для расчета кулачковых муфт. Углом подъема в данном случае является угол между касательной к шарикам и торцевой плоскостью диска 5.

Предохранительные устройства со срезными штифтами и шпонками применяются в тех случаях, когда перегрузка является редким случаем и возникает только в аварийных условиях. В качестве примера предохранительного устройства со срезным штифтом приведена нормализованная муфта (рис. 13, б). В полумуфты 1 и 5 запрессованы закаленные втулки из стали 40Х 2 и 4. Через отверстия втулок проходит срезной штифт 3, который обычно изготавливается из наиболее прочного материала. При перегрузке штифт срезается и должен быть заменен новым.

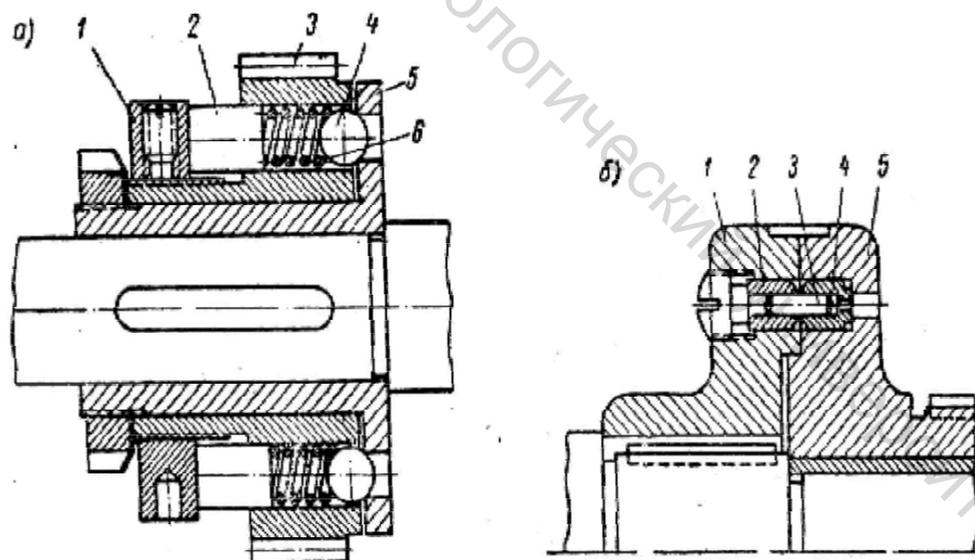


Рис. 13 Предохранительные муфты.

Применяя для изготовления штифта, материал высокой прочности исключают возможность случайной замены штифта малой прочности штифтом более высокой прочности, что могло бы привести к поломке механизмов станка.

5.4. Механизмы реверса.

Реверсирование движений в металлорежущих станках может быть осуществлено с помощью реверсирования электродвигателя, гидродвигателя и механических устройств. Чаще реверсирование осуществляется с помощью цилиндрических и конических зубчатых передач. На рис. 14, а, б показаны механизмы реверса с цилиндрическими колесами. При передаче движения через два зубчатых колеса валы I и II вращаются в разных направлениях, а при передаче через три зубчатых колеса — в одном направлении.

Работа реверсивных устройств с коническими колесами основана на том, что два колеса z_1 и z_3 находясь в зацеплении с колесом z_2 (рис. 14, в, г), вращаются в противоположных направлениях. В этом случае реверсирование производят переключением муфты (рис. 14, в) или перемещением блока колес z_1 - z_3 (рис. 14, г).

В станках, которые требуют частого реверсирования, в конструкциях, изображенных на рис. 14, а, в, устанавливают фрикционные муфты, в механизмах токарных, карусельных и фрезерных станков - чаще всего кулачковые муфты.

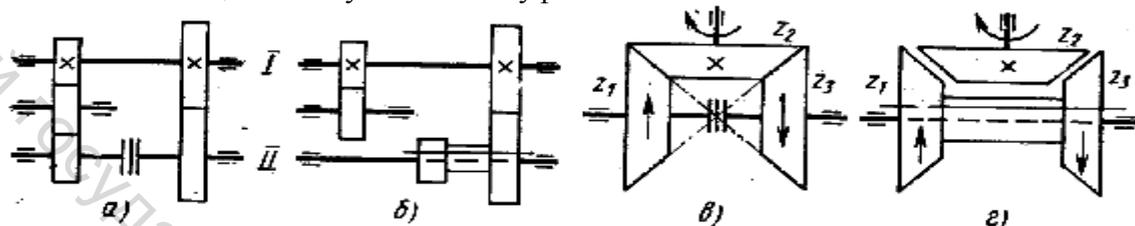


Рис.14 Механизмы реверса.

В некоторых моделях зубообрабатывающих станков находят применение зубчатые колеса для получения возвратно-вращательного движения (рис. 15). Ведущим звеном в таких механизмах является колесо 1, а ведомым — два концентричных зубчатых сектора внутреннего зацепления 3 и наружного зацепления 4, соединенных по концам секторами 5. Поскольку центр вращения колеса 2 неподвижен, центр вращения колеса 1 при зацеплении с различными колесами меняет свое положение. Поочередное зацепление производится при помощи копировального механизма, устанавливающего соответствующее межосевое расстояние. Во время работы частота вращения колеса 2 и его направление меняются в зависимости от того, с каким колесом связано ведущее звено.

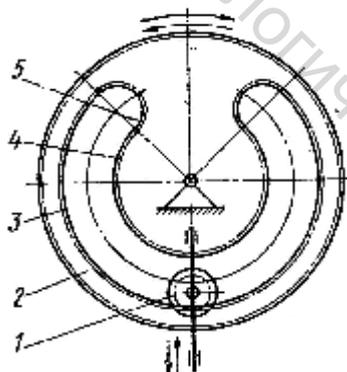


Рис.15 Составное колесо.

5.5. Механизмы для ступенчатого и бесступенчатого изменения чисел оборотов.

Ступенчатое изменение чисел оборотов может быть осуществлено с помощью многоскоростного асинхронного электродвигателя, ступенчатых шкивов и коробок скоростей и подач с зубчатыми колесами.

Ступенчатощкивные передачи обычно с клиновыми ремнями применяются сравнительно редко, в основном при узком диапазоне изменения чисел оборотов малом числе ступеней и небольшой мощности, на небольших сверлильных станках, некоторых моделях фрезерных станков, настольных токарных.

Асинхронные многоскоростные двигатели применяются, как правило, совместно с коробками скоростей.

Наибольшим распространением пользуются коробки скоростей и подач с зубчатыми колесами.

В коробках скоростей и подач изменение чисел оборотов достигается поочередным включением различных зубчатых передач между валами коробок скоростей и подач. Для поочередного включения могут быть использованы либо сменные зубчатые колеса (рис. 16), либо постоянные зубчатые колеса (рис. 17), для включения которых используются те или иные из рассмотренных выше механизмов включения.

Прежде чем перейти к рассмотрению различных элементарных механизмов, заметим, что в станках передаточные отношения зубчатых колес рекомендуется ограничивать следующими значениями: для коробок скоростей $i_{max} = 2$, $i_{min} = 1/4$, для коробок подач $i_{max} = 2,5$, $i_{min} = 1/5$. В отдельных случаях допускаются увеличение i_{max} до 2,5—4. Применение передаточных отношений, выходящих за указанные пределы, приводит к увеличению габаритов механизма, снижению к.п.д. и появлению конструктивных трудностей при размещении механизмов переключения, увеличению шума.

Сменные шестерни 3 и 5 (рис. 16) устанавливаются на консольных концах валов 4 и 6 на шпонках или шлицах. Шестерни закрепляются с помощью быстросъемных шайб 1 и гаек 2. Если исходить из указанных выше предельных передаточных отношений, то сменные шестерни могут обеспечить изменение чисел оборотов в диапазоне 10—12. При проектировании кожуха 2 необходимо предусмотреть возможность установки как ведомой, так и ведущей шестерен с наибольшим числом зубьев.

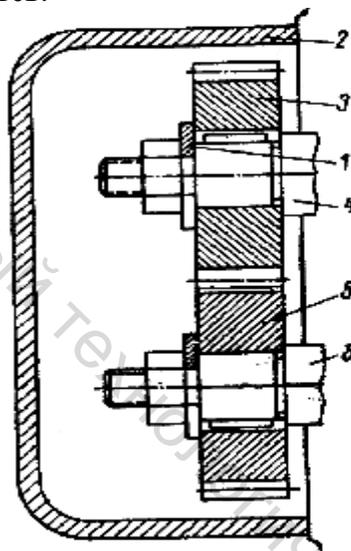


Рис. 16 Сменные зубчатые колеса (гитара).

При постоянных поочередно включаемых шестернях, установленных на двух параллельных валах, диапазон изменения чисел оборотов находится в указанных для сменных шестерен пределах. Так как в большинстве случаев требуется значительно больший диапазон, то коробки скоростей и подач выполняются многоваловыми. Для включения различных зубчатых передач между двумя смежными валами используются элементарные механизмы, представленные на рис. 17.

При переключении с помощью подвижных шестерен последние выполняются в виде блоков (рис. 17, а—в). Наибольшим распространением пользуются механизмы с двойным и тройным блоком (рис. 17, а и б). При блоках из четырех шестерен сильно возрастает осевая длина механизма, поэтому такой вариант используется только в отдельных случаях, когда большая длина механизма предопределяется другими конструктивными элементами. В других случаях поочередное включение четырех передач осуществляется с помощью двух отдельных двойных подвижных блоков.

Благодаря достоинствам, присущим механизмам переключения с подвижными шестернями, они находят широкое применение в коробках скоростей и подач, рассчитанных как на работу при высоких скоростях, так и на передачу больших крутящих моментов.

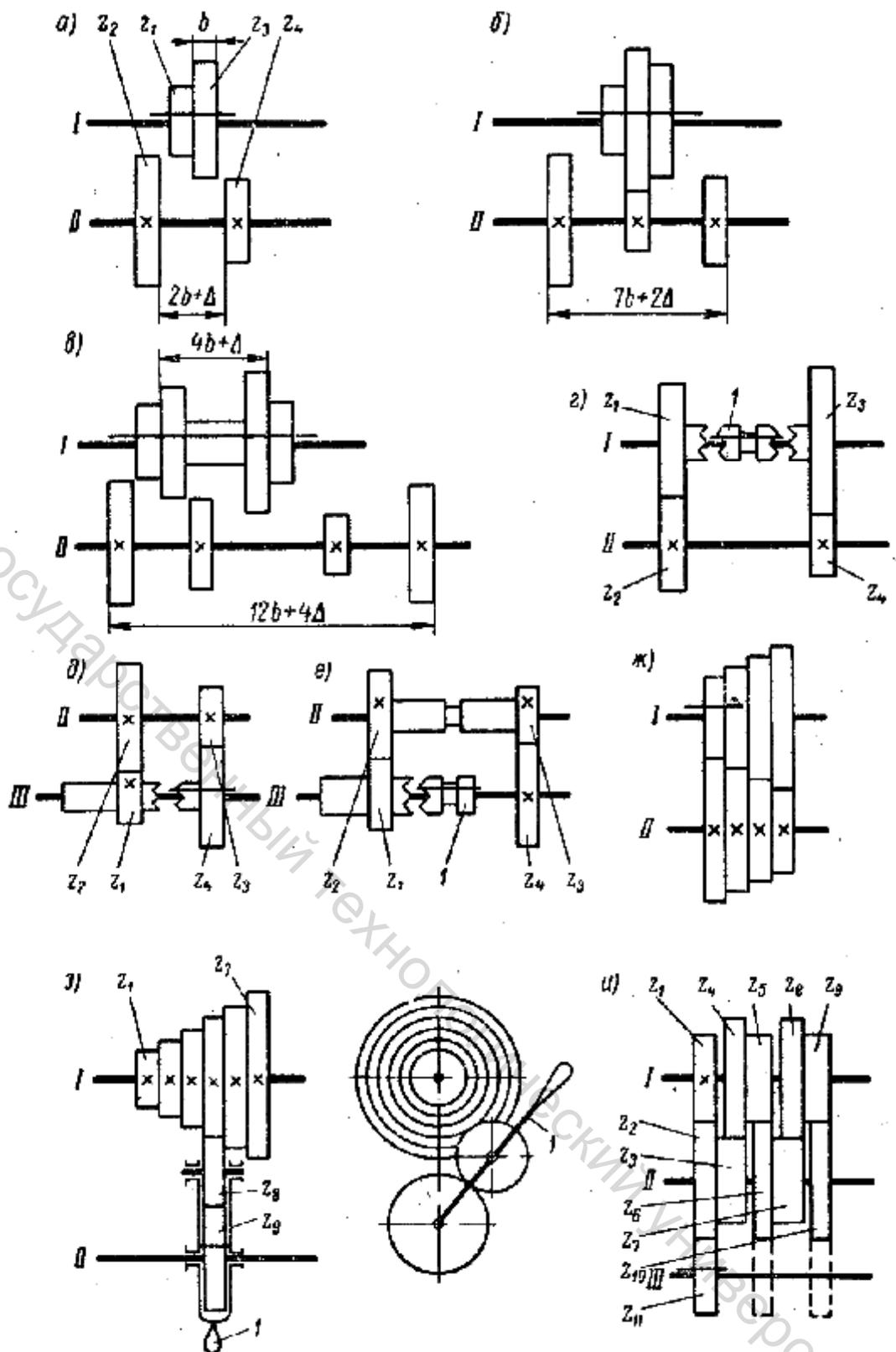


Рис. 17 Механизмы для ступенчатого изменения числа оборотов.

При использовании в механизмах изменения чисел оборотов кулачковых, зубчатых и фрикционных муфт они имеют схему, представленную на рис. 17, г. Как правило, эти механизмы выполняются с двухсторонней муфтой /. Вследствие указанных выше недостатков механизмов переключения с муфтами они применяются реже. Исключение составляют электромагнитные фрикционные муфты, которые находят более или менее значительное распространение при дистанционном и автоматическом управлении.

В ряде конструкций коробок скоростей и подач используется механизм, изображенный на рис. 17, д. В данном случае ведущим звеном является втулка шестерни z_1 , которая получает вращение через зубчатую или ременную передачу. В показанном на схеме положении вращение передается от втулки шестерни z_x через шестерни $z_1—z_2$, $z_3—z_4$ валу III. При

перемещении шестерни z_4 влево она выходит из зацепления с шестерней z_3 и муфта, выполненная заодно с шестерней z_4 , сцепляется с муфтой, выполненной заодно с шестерней z_3 . При этом вращение от шестерни z_x непосредственно передается валу $///$. Так как обе пары зубчатых колес могут быть выполнены понижающими с передаточным отношением $1/4$, то при данной схеме диапазон изменения чисел оборотов вала $///$ может быть расширен до 16. Механизмы этого типа называют передачей со звеном возврата.

Другая модификация подобного механизма, называемая перебором, изображена на рис. 17, *е*. В этом случае при непосредственном сцеплении вала $///$ с шестерней z_1 с помощью муфты / шестерни z_2 и z_3 , связанные общей втулкой, перемещаются в осевом направлении и выводятся из зацепления с шестернями z_1 и z_4 , что способствует повышению к. п. д. и уменьшению потерь холостого хода при включении высокого числа оборотов вала $///$.

Механизмы последних двух типов обычно находят применение в последних звеньях коробок скоростей и подач.

Механизмы, показанные на рис. 17, *ж*—*и*, применяются в коробках подач.

Механизм с подвижной шпонкой (рис. 17, *ж*) отличается малыми размерами вдоль оси. В тех случаях, когда недостатки механизмов с подвижной шпонкой, указанные выше, не имеют существенного значения, механизм используется благодаря своей компактности. В частности, он применяется в коробках подач сверлильных станков, коробках подач, расположенных в фартуках револьверных станков, в коробках подач карусельных станков.

Механизм, изображенный на рис. 17, *з*, состоит из жестко закрепленных на валу / шестерен z_1 — z_7 и накидной шестерни z_8 . Накидная шестерня z_8 вместе с подвижной шестерней z_9 смонтированы в кожухе /, который может передвигаться вдоль вала // и поворачиваться около его оси. Для включения той или иной передачи кожух / перемещается в осевом направлении до совмещения накидной шестерни с соответствующей шестерней z_1 — z_7 , после чего поворотом кожуха / вокруг оси вала // накидная шестерня вводится в зацепление с соответствующей шестерней z_1 — z_7 .

В требуемом положении кожух / удерживается фиксатором. Данному механизму присущи все рассмотренные выше недостатки, свойственные механизмам с накидной шестерней. Его достоинствами являются малые размеры вдоль оси и возможность свободного выбора передаточных отношений независимо от межцентрового расстояния. Этот механизм находит значительное применение в коробках подач токарно-винторезных станков, где он позволяет получить при небольших габаритах большое число передаточных отношений, необходимых для нарезания резьб с различным шагом. Этот механизм называется также коробкой Нортонна.

Механизм, представленный на рис. 17, *и*, также применяется в коробках подач токарно-винторезных станков, где он служит для уменьшения в 2, 4, 8 раз или соответствующего увеличения шагов нарезаемых резьб, настраиваемых с помощью механизмов с накидной шестерней или других механизмов коробки подач. На ведущем валу закреплена только одна шестерня z_1 , на валу $///$ помещается подвижная шестерня z_{11} , которая может занимать три положения, два из которых показаны пунктиром. В первом положении вращение передается от шестерни z_1 шестерне z_{11} через шестерню z_2 , которая в этом случае является паразитной.

Во втором положении вращение передается через шестерни $\frac{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5}{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \cdot z_{11}}$ и передаточное отношение равно $1/2$. В третьем положении вращение передается через шестерни $\frac{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \cdot z_7 \cdot z_9 \cdot z_{10}}{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \cdot z_8 \cdot z_{10} \cdot z_{11}}$ и передаточное отношение равно $1/4$.

Для бесступенчатого изменения чисел оборотов преимущественно применяются различного рода фрикционные передачи. Лобовой фрикционный вариатор (рис. 18, *а*) состоит из двух дисков, ведомого 3 и ведущего /, между которыми расположен ролик 2, перемещающийся в осевом направлении. Диски 1 и 3 прижимаются к ролику 2. Передача момента происходит благодаря силам трения, возникающим в зоне контакта ролика с дисками. Передаточное отношение плавно изменяется от $\frac{R_1}{r_1}$ до $\frac{R_2}{r_2}$. Диапазон изменения чисел оборотов

находится в пределах 15. Окружная скорость точек диска вдоль линии контакта с роликом переменна, ролик же имеет среднюю окружную скорость, вследствие чего во всех других точках происходит скольжение, что приводит к сравнительно быстрому износу ролика и снижению к. п. д. передачи. Передаваемый крутящий момент определяется усилием прижима дисков к ролику и коэффициентом трения. Так как усилие прижима ограничено допускаемыми контактными напряжениями, то с целью увеличения передаваемого крутящего момента необходимо увеличивать длину линии контакта, что, в свою очередь, приводит к увеличению скольжения, а следовательно, износа и потерь. Поэтому вариаторы данного типа применяются при сравнительно небольшой мощности, в частности в станкостроении можно указать на механизм привода кулачково-распределительного вала токарно-револьверных автоматов, где этот механизм используется для изменения скорости вращения вала, а соответственно и величины подачи. В вариаторах с тороидными дисками 1 и 3 (рис. 18, б) вращение передается тремя роликами 2, что позволяет уменьшить их ширину, а следовательно, и скольжение, что способствует улучшению условий работы вариаторов, однако приводит к усложнению их конструкции.

Изменение чисел оборотов производится путем поворота роликов вокруг осей 0. При трех роликах конструкция механизмов крепления и поворота роликов становится довольно сложной. Диапазон изменения чисел оборотов находится в пределах 8.

В станкостроении данный вариатор используется весьма редко.

Разновидность тороидного вариатора, представленная на рис. 18, в, позволяет уменьшить скольжение до минимума, что выгодно отличает его от других форм вариаторов. Диапазон изменения чисел оборотов находится в пределах 4—8. Подобный вариатор был использован в приводе главного движения токарно-винторезного станка 1620, однако широкого применения он не получил.

В сфероконических вариаторах (рис. 18, г) изменение положения точки контакта конического диска 1 и сферического диска 2 достигается поворотом оси // сферического диска. Сферический диск располагается на валу электродвигателя, и поворот оси // осуществляется путем поворота электродвигателя. Диапазон изменения чисел оборотов находится в пределах 3.

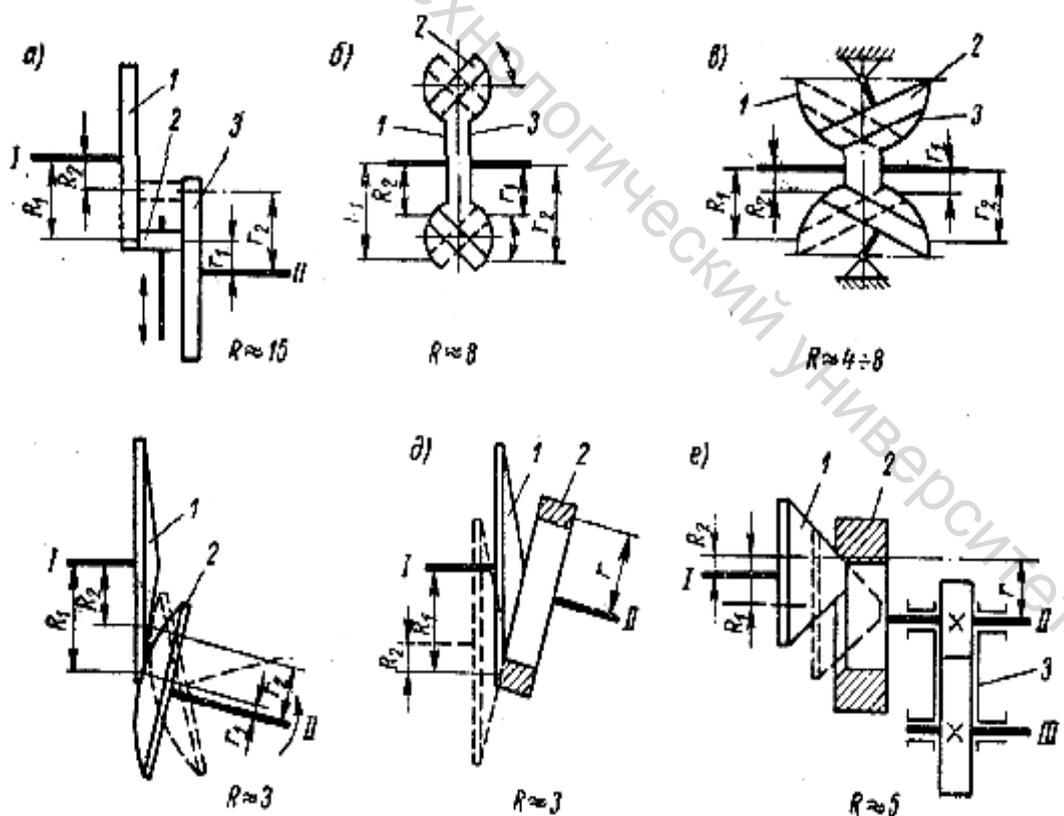


Рис.18 Вариаторы.

Так как в данном вариаторе имеет место точечный контакт, то он не может передавать значительных крутящих моментов и применяется при сравнительно небольшой мощности, в частности в приводах главного движения небольших сверлильных станков.

В торцовоконических вариаторах (рис. 18, д) конический диск / находится в контакте с торцом кольца 2. Изменение числа оборотов достигается перемещением конического диска вдоль образующей. Конический диск устанавливается на валу электродвигателя и перемещается вместе с последним. Вариатор может быть использован при сравнительно небольшой мощности. Диапазон изменения чисел оборотов находится в пределах 3. Находит применение в сверлильных станках небольших размеров.

В чашечноконических вариаторах (рис. 18, е) вращение передается от конического барабана /, который контактирует с конической фаской чашки 2. Вал чашки 2 расположен в корпусе 3, который может поворачиваться вокруг оси вала ///, под действием пружины, благодаря чему чашка 2 прижимается к коническому барабану 1. Изменение положения линии контакта конуса с фаской чашки осуществляется путем перемещения вала / вдоль оси, при этом чашка 2 занимает необходимое положение благодаря повороту корпуса 3. Диапазон изменения чисел оборотов находится в пределах 5. Вариатор может быть использован при небольшой мощности привода.

В ряде модификаций бесступенчатых вариаторов используются раздвижные конические шкивы (рис. 19). В желоб, образуемый раздвижными коническими шкивами 1 и 3 ведущего и 5 и 7 ведомого валов, входит звено 2, осуществляющее передачу вращения от ведущих шкивов к ведомым. В качестве звена 2 могут быть использованы: обычные клиновые ремни, специальные широкие клиновые ремни, жесткое стальное кольцо, специальные цепи.

Конические шкивы перемещаются поворотом рычагов 4 и 8 с помощью винтов 6. На рис. 19, а показано два положения шкивов, соответствующих наибольшему и наименьшему передаточным отношениям.

При обычных клиновых ремнях числа оборотов могут изменяться лишь в очень небольшом диапазоне, не превышающем двух. При специальных широких клиновых ремнях диапазон достигает 8—15, при стальных кольцах 6—16 и при специальных цепях — 6.

Подобный вариатор применяется на токарном станке 1К620.

Передачи со стальными кольцами имеют небольшую длину линии контакта, что ограничивает передаваемую мощность. Передача может быть выполнена весьма компактной, так, передача привода подач резьбо-шлифовального станка фирмы «Линднер» имеет габарит 120 мм при диапазоне изменения чисел оборотов 9. Передачи этого типа находят применение в приводах подач координаторасточных и резьбошлифовальных станков, в приводе бабки изделия круглошлифовальных станков, в приводе главного движения алмазносточных станков.

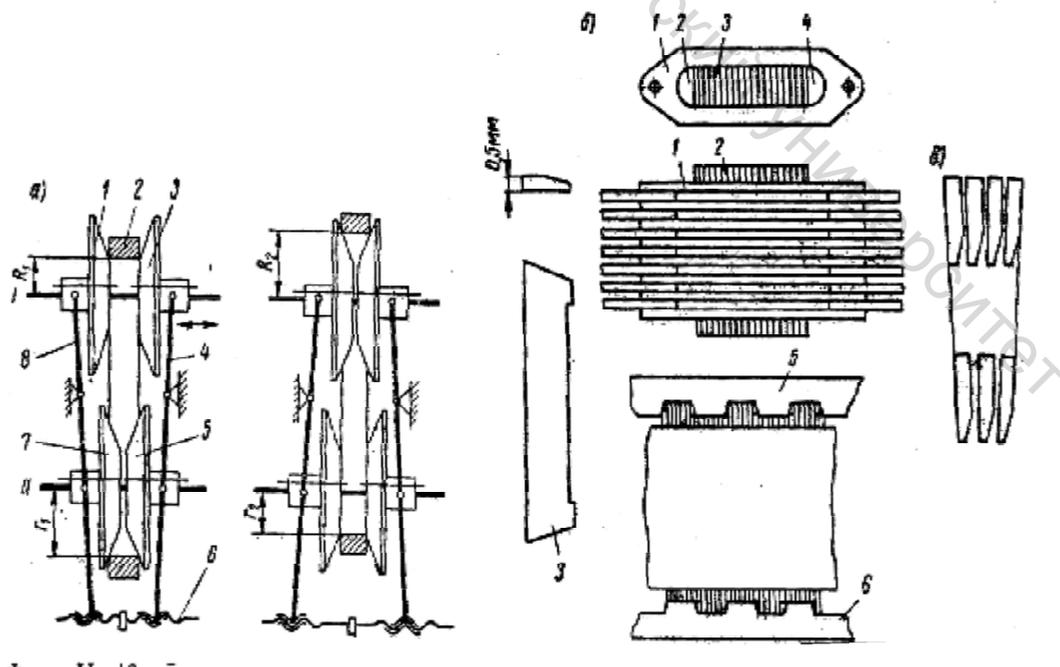


Рис. 19 Вариаторы.

Более или менее значительное применение находят в станках передачи фирмы «PIV» со специальной цепью. На поверхности конических шкивов нанесены зубцы, благодаря чему эти шкивы внешне напоминают конические шестерни.

Профиль зубцов шкивов 5 и 6 показан на рис. 19б. Цепь состоит из штампованных звеньев 1, в окна которых заложен пакет тонких пластин 3, расположенных между подушками 2 и 4. Пластины 3 имеют форму и сечение, показанные на рис. 19, б. Пластины могут свободно передвигаться в продольном направлении относительно друг друга, поэтому, когда цепь набегаёт на шкив, то пластины, перемещаясь в гнезде, образуют зубцы, сцепляющиеся с зубцами шкивов, вследствие чего обеспечивается передача значительных усилий. Вместе с тем благодаря скосу на боковой поверхности, пластины, поворачиваясь относительно друг друга, занимают правильное положение во впадине зуба. На рис. 19, в схематически показано положение пластин при контакте с верхней и нижней частью зубцов шкивов.

Бесступенчатые вариаторы этого типа находят применение в приводах главного движения токарно-винторезных, карусельных, радиально-сверлильных станков, в приводах подачи токарно-винторезных и карусельных станков.

5.6. Механизмы для прямолинейного движения рабочих органов станков.

Приводы для осуществления прямолинейного движения рабочих органов станков могут быть разбиты на механические, преобразующие вращательное движение в прямолинейное (рис 20, а—е), поршневые (рис 20, ж, з), магнитострикционные и термодинамические.

Механические приводы разделяются на реверсируемые и циклического действия. В реверсируемых приводах направление движения рабочего органа меняется при изменении направления вращения звена, преобразующего вращательное движение в прямолинейное, с помощью реверсивного привода вращательного движения.

Реверсируемые приводы состоят из привода вращательного движения 1 (рис 20, а) с механизмом реверса 2 и звена, преобразующего вращательное движение в прямолинейное перемещение рабочего органа 4. Для преобразования вращательного движения в прямолинейное могут быть использованы: винт 3 (рис 20, а), червяк 2 и червячная рейка (рис 20б), прямозубое, косозубое или шевронное реечное колесо 2 сцепляющееся с рейкой 1 (рис 20в), червяк или косозубое колесо 2, с осью расположенной под углом к направлению движения сцепляющееся с рейкой 1 (рис 20г) и гибкая передача 2 (рис 20д).

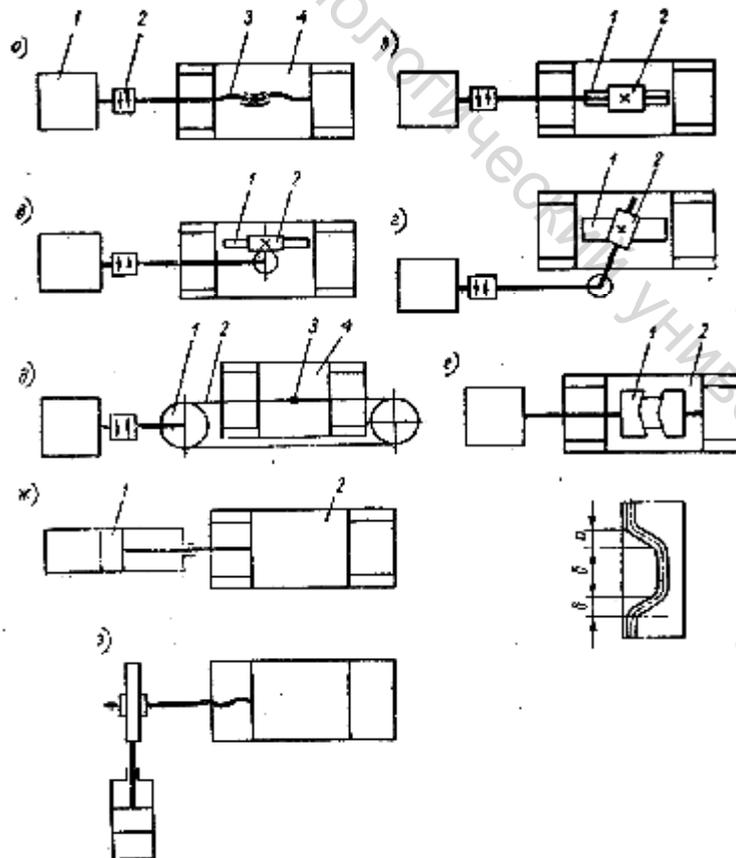


Рис. 20 Механизмы для прямолинейного движения.

В зависимости от характера движения рабочего органа привод вращательного движения должен обеспечивать изменение скорости хода в соответствии с заданным режимом работы, изменение направления движения рабочего органа, получение быстрого хода в обоих или в одном направлении. В зависимости от требований, обусловленных характером движения рабочего органа, привод вращательного движения имеет более или менее сложную структуру механизмов для изменения скорости рабочих ходов, механизмов реверса и быстрых ходов, а также соответствующую систему механизмов переключения кинематических цепей и управления. Все это приводит к более или менее значительному усложнению конструкции приводов прямолинейного движения.

Важным достоинством реверсируемых приводов является возможность настройки длины хода и последовательности включения быстрых и рабочих ходов в соответствии с требованиями конкретной технологической операции, чем обуславливается применение этих приводов на универсальных и специализированных станках.

Следует заметить, что реверсируемые приводы пригодны при любой максимальной длине хода рабочего органа.

Плавность хода, точность перемещения, жесткость и к. п. д. реверсируемого привода в значительной мере зависят от формы передачи, применяемой для преобразования вращательного движения в прямолинейное.

На плавности хода и точности сказываются кинематическая точность и зазоры в передаче, преобразующей вращательное движение в прямолинейное.

Рассмотрим различные передачи, используемые для преобразования вращательного движения в прямолинейное в реверсивных приводах.

Передача винт—гайка (рис 20, а) может быть выполнена с особо высокой точностью. По нормам станкостроения для винтов нулевого класса допускаемые отклонения шага в пределах одного шага равны ± 2 мк, а наибольшая накопленная ошибка шага на длине 300 мм равна 5 мк. Высокая точность изготовления обеспечивает при соответствующей конструкции привода высокую точность перемещений.

Так как передача винт—гайка позволяет получить низкую скорость прямолинейного движения при сравнительно большом числе оборотов винта, кинематические цепи приводов подачи и установочных перемещений при использовании этой передачи состоят из небольшого числа понижающих передач, что приводит к упрощению кинематики и конструкции привода и к уменьшению его приведенного момента инерции по сравнению с другими механическими приводами.

Так как жесткость передачи винт—гайка определяется деформациями растяжения или сжатия, а также (в меньшей степени) деформациями кручения, то при большой длине винта и малом диаметре жесткость передачи может оказаться недостаточной, что отрицательно сказывается на плавности и точности перемещений.

Существенным недостатком описываемой передачи является низкий к. п. д. Этот недостаток может быть устранен при использовании передачи винт—гайка с циркулирующими шариками в гайке. В этом случае трение скольжения заменяется трением качения, и к. п. д. возрастает до 0,9—0,98. Передачи этого типа находят все более широкое применение в станках и в первую очередь в различного рода следящих приводах.

Передачи винт—гайка широко используются в кинематических профилирующих цепях, приводах подачи и установочных перемещений, где при малой мощности приводов к. п. д. не имеет существенного значения, а положительные особенности данной передачи играют существенную роль.

В тех случаях, когда передача винт—гайка не может быть выполнена достаточно жесткой, применяют червячно-реечную передачу (рис 20б), рейка которой представляет собой как бы часть гайки большой длины. Так как длинный винт сравнительно небольшого диаметра заменен коротким червяком, то жесткость передачи оказывается значительно выше. Однако точность червячно-реечной передачи ниже передачи винт-гайка, так как червячная рейка может быть изготовлена только составной из отдельных кусков и не может быть выполнена с такой же высокой точностью как винт. К. п. д. этой передачи также ниже, так как диаметр червяка в силу конструктивных особенностей его размещения значительно больше диаметра винта, что приводит к снижению угла подъема и, следовательно, к. п. д. передачи.

Червячно-реечные передачи используются в тех случаях, когда для обеспечения плавности хода требуется высокая жесткость привода, а к точности перемещений предъявляются не столь жесткие требования: в механизмах подачи продольнофрезерных, расточных, карусельных и некоторых других видов станков.

Зубчато-реечная передача (рис 20, в) вследствие большей величины ошибок в шаге и зазоров по сравнению с передачей винт—гайка дает меньшую плавность хода и точность перемещения. Передача обладает высоким к. п. д. и сравнительно высокой жесткостью, применяется в приводах главного движения строгальных станков и в приводах подач токарных, револьверных, сверлильных, расточных и других станков.

В приводах главного движения строгальных станков реечная шестерня имеет большой диаметр, благодаря чему увеличивается коэффициент продолжительности зацепления и плавность хода. С этой же целью в приводах строгальных станков применяются косозубые и шевронные шестерни. Благодаря большому диаметру реечной шестерни в приводы приходится вводить большое число понижающих передач, что приводит к увеличению приведенного момента инерции привода.

В приводах подач реечная шестерня выполняется с малым числом зубцов 12—13. Для устранения подрезания зубьев применяют коррекцию.

В приводах продольнострогальных станков значительное распространение нашли реечные передачи, представленные на рис 20, г. Они выполняются с многозаходным червяком (косозубой шестерней с небольшим числом зубьев и большим углом наклона). Такие передачи имеют сравнительно высокий к. п. д., обеспечивают плавность хода и уменьшение числа понижающих передач в приводе.

В отдельных моделях станков для преобразования вращательного движения в прямолинейное применяются гибкие связи (рис 20д). К диску / прикреплен гибкая связь 2. В качестве гибкой связи может быть использована стальная лента, проволока, трос. С другой стороны связь прикреплен к поводку 3 рабочего органа 4. При повороте диска 1 рабочий орган перемещается прямолинейно. Гибкие связи в форме стальной ленты и проволоки обеспечивают при небольших нагрузках высокую точность перемещения и используются в механизмах обкатки различных зубообрабатывающих станков: зубошлифовальных, для строжки конических зубчатых колес и др.

В приводах циклического действия в отличие от реверсивных направление движения рабочего органа изменяется с помощью самого звена, преобразующего вращательное движение в прямолинейное, при этом направление вращения последнего звена остается неизменным.

К числу приводов циклического действия относятся кривошипные, кривошипно-кулисные и кулачковые механизмы.

Кривошипные и кривошипно-кулисные приводы могут выполнять только некоторые из функций, которые возлагаются на привод прямолинейного движения.

Так, кривошипный привод выполняет только функции реверсивного механизма при изменении направления движения. Скорости прямого и обратного хода одинаковы и переменны по длине хода. Длина хода изменяется путем изменения радиуса кривошипа. При большой длине хода механизм становится громоздким. Данный механизм находит ограниченное применение при малой длине хода 100—300 мм в приводах главного движения зубодолбежных и зубострогальных станков, где увеличение скорости обратного хода не дает заметного повышения производительности, в приводах подачи пазо- и шпоночнофрезерных станков. Кривошипно-кулисный механизм позволяет получить повышенную скорость обратного хода, которая является функцией рабочего хода и сравнительно незначительно превышает ее. Скорость по длине хода переменная. Механизмы этого типа с качающейся и вращающейся кулисой применяются в поперечнострогальных и долбежных станках при длине хода до 900—1000 мм.

Кулачковые механизмы (рис 20, е) выполняют все функции привода прямолинейного движения за счет придания соответствующего профиля кулачку. Цилиндрический кулачок / с криволинейным пазом, в который входит ролик, прикрепленный к подвижному рабочему органу 2 на участке а имеет крутой подъем, соответствующий быстрому ходу вперед, на участке б — пологий подъем, соответствующий рабочему ходу, и на участке в — крутой спуск, соответствующий быстрому ходу назад. Таким образом, с помощью кулачко-

вого механизма может быть легко осуществлена требуемая последовательность движения рабочего органа с заданной скоростью и длиной хода, благодаря чему кулачковые механизмы находят широкое применение в станках-автоматах. Недостатком кулачковых механизмов является необходимость изготовления специальных кулачков применительно к конкретной технологической операции.

Поршневые приводы прямолинейного движения. При поршневых приводах (рис 20ж) рабочий орган 2 в большинстве случаев связывается непосредственно с подвижным поршнем / или цилиндром поршневого привода, что позволяет значительно упростить всю кинематику и конструкцию соответствующего узла станка. Лишь в отдельных случаях при осуществлении особо точных перемещениях и небольшой длине ходов рабочих органов вводятся промежуточные понижающие передачи от поршневого привода к рабочему органу (рис 20з).

Вследствие простоты конструкции поршневые приводы различного типа находят значительное распространение в станках.

5.7. Приводы для периодически повторяющихся перемещений .

Периодически повторяющиеся перемещения на точно фиксированную величину могут быть как круговыми, так и линейными. Круговые периодические перемещения осуществляются при повороте многопозиционных столов и барабанов, револьверных головок, заготовок, при нарезании зубьев и сверлении круговых рядов отверстий, расположенных по окружности или периферии диска. Линейные периодические перемещения осуществляются при нарезании зубьев реек, при сверлении линейных рядов отверстий, при нанесении делений на линейках. Во всех рассмотренных случаях требуется высокая точность перемещений.

Для осуществления подобных перемещений используются различные виды приводов периодического вращательного движения, которое при необходимости преобразуется в прямолинейное с помощью рассмотренных выше механизмов. В ряде случаев для получения необходимой точности используются дополнительные фиксирующие устройства.

Периодически включаемый реверсивный привод. Рабочий орган 3 (рис. 21) периодически поворачивается в направлении стрелки А на точно фиксированный угол. При повороте рабочий орган получает движение от периодически включаемого реверсивного привода 7. Положение рабочего органа определяется жестким неподвижным упором 5, к которому прижат ограничитель хода 4 рабочего органа. При повороте движение передается от реверсивного привода 7 через самовыключающуюся муфту вала 12 червячной передачи. При повороте рабочего органа следующий ограничитель хода б в конце поворота утапливает жесткий упор 5. После того как ограничитель б пройдет мимо упора, последний возвращается в исходное положение. При этом рычаг 2 воздействует на конечный выключатель /, который подает сигнал реверсивному приводу. Направление вращения рабочего органа изменяется, и ограничитель хода б прижимается к жесткому упору 5. Усилие прижима ограничивается самовыключающейся муфтой. При возрастании усилия подвижная муфта 10, сцепляющаяся с муфтой 8, отжимается влево, воздействуя через рычаг // на конечный выключатель 9, который подает сигнал для выключения реверсивного привода 7.

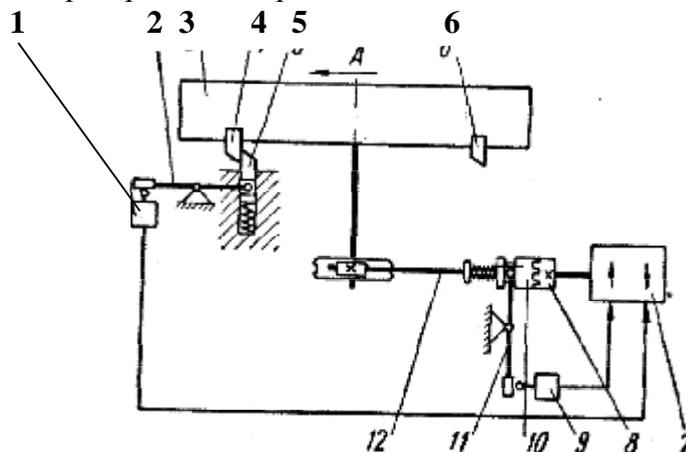


Рис. 21 Периодически включаемый реверсивный привод.

Самовыключающаяся муфта может быть выполнена в одном из рассмотренных выше конструктивных вариантов.

В качестве реверсивного привода наиболее удобен реверсивный электродвигатель. Подобные реверсивные периодически включаемые приводы используются для поворота многопозиционных столов агрегатных станков.

Приводы с однооборотной муфтой. Периодически поворачивающийся рабочий орган / (рис. 22, а) получает движение от вала 10, который с помощью однооборотной муфты 6 сцепляется с шестерней 4, получающей непрерывное вращение от привода 5. Муфта 6 удерживается в выключенном состоянии защелкой 7 и стремится под действием пружины 9 сцепиться с шестерней 4. При поступлении сигнала управления привод 8 опускает защелку и муфта 6 сцепляется с шестерней 4. Сделав один оборот, муфта автоматически расцепляется. Угол поворота рабочего органа за один оборот муфты зависит от передаточного отношения передачи, связывающей валы 10 и //. Для точной фиксации положения рабочего органа используется фиксатор 2 с приводом 3, работающим синхронно с приводом 8 включения однооборотной муфты.

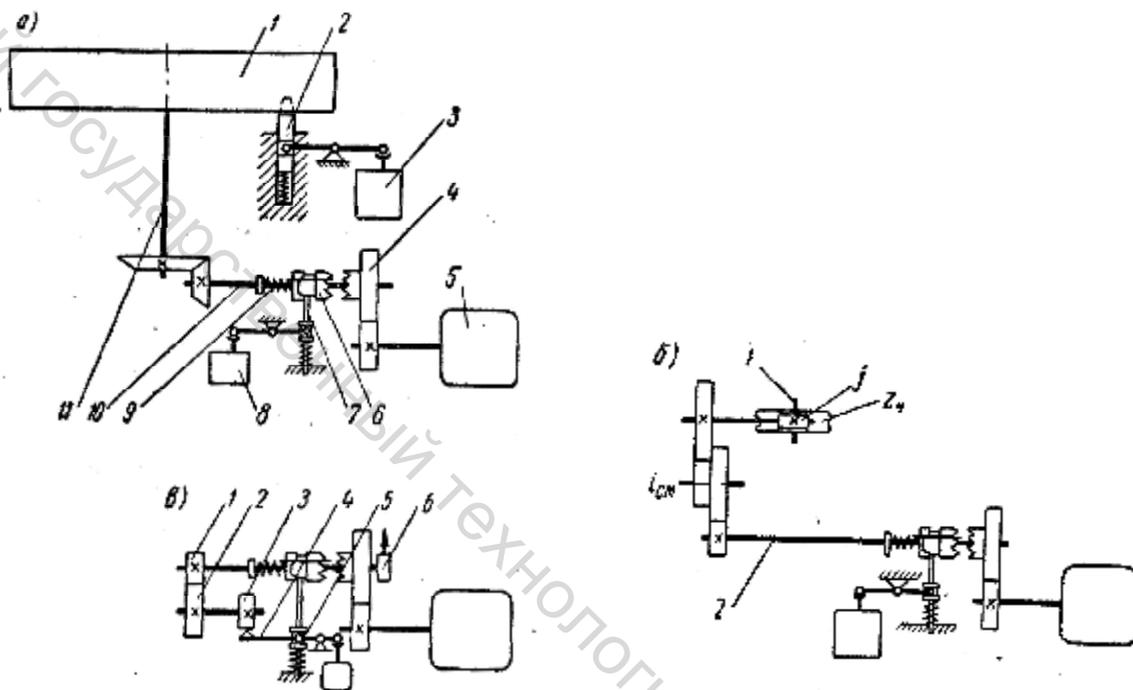


Рис. 22 Приводы с однооборотной муфтой.

При выполнении различного рода делительных работ, требующих настройки угла поворота рабочего органа в соответствии с заданным числом делений (рис. 22, б), вал / рабочего органа получает движение от вала 2 однооборотной муфты через сменные шестерни $i_{см}$ и червячную передачу. Уравнение кинематической связи будет иметь вид

$$1об \cdot i_{см} \cdot \frac{j}{z_ч} = \frac{1}{z_д}, \quad (5.1)$$

где $z_д$ — число делений,

Откуда

$$i_{см} = \frac{z_ч}{jz_д} \quad (5.2)$$

Преобразуя вращение вала 1 в прямолинейное движение, можно получить ряд линейных перемещений рабочего органа с равными интервалами.

Используя дополнительные механизмы или соответствующую схему управления, можно с помощью однооборотной муфты получить любое целое число оборотов. С валом однооборотной муфты через шестерни 1 и 2 (рис. 22, в) связан кулачок 3. Кулачок делает один оборот при двух, трех оборотах муфты. После включения однооборотной муфты кулачок запирает рычаг 4 и не дает возможности защелке 5 встать на место.

Профиль кулачка имеет такую форму, что защелка встает на место к концу второго или третьего оборота.

Если однооборотная муфта должна сделать большее число оборотов, то применяется специальная схема управления. От датчика *б*, установленного на валу однооборотной муфты, поступают сигналы, следующие после каждого оборота. Когда число сигналов станет равно заданному числу оборотов, схема управления вырабатывает сигнал, поступающий к приводу управления защелкой. Подобная схема управления, которая будет рассмотрена ниже, позволяет задавать однооборотной муфте любое целое число оборотов.

Приводы с мальтийским крестом. Передача с мальтийским крестом *б* (рис. 23, *а*) обеспечивает плавное изменение скорости и ускорения. В момент входа ролика водила *5* в паз мальтийского креста скорость равна нулю. Затем скорость плавно возрастает от нуля до максимума, после чего плавно убывает от максимума до нуля в момент выхода ролика из паза. Плавное изменение скорости исключает появление ударов первого рода, возникающих при скачкообразном изменении скорости, характерном для рассмотренных выше механизмов.

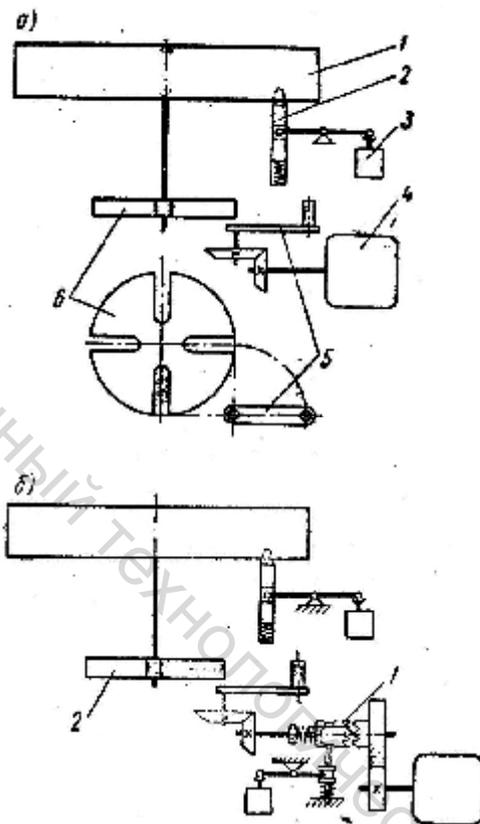


Рис. 23 Привод с мальтийским крестом.

Ускорение в момент входа и выхода не равно нулю и в эти моменты изменяется скачкообразно, на всем же протяжении поворота изменение ускорения происходит плавно. Скачкообразное изменение ускорения в момент входа и выхода вызывает появление ударов второго рода. Динамические нагрузки, появляющиеся при ударах второго рода, меньше динамических нагрузок, появляющихся при ударах первого рода. Благодаря указанному обстоятельству приводы с мальтийскими крестами находят значительное применение для периодического поворота многопозиционных столов, барабанов и револьверных головок, имеющих большой момент инерции.

Приводы с мальтийскими крестами могут иметь различную схему. В простейшей схеме (рис. 23*а*) водило *5* мальтийского креста *б*, непосредственно связанного с рабочим органом *г*, получает непрерывное вращение от привода *4*. После поворота рабочий орган фиксируется фиксатором *2*, привод *3* которого работает синхронно с вращением водила. При рассмотренной схеме все прочие движения рабочих органов должны быть выполнены в интервале между двумя смежными поворотами рабочего органа *г*. Время, которое может быть использовано на все прочие движения, зависит от числа оборотов водила *5* в минуту и угла поворота водила за период поворота мальтийского креста. Поскольку при указанных условиях возникает зависимость между временем всех прочих ходов и скоростью вращения водила, а соответственно и временем поворота рабочего органа *г*, то такое решение может привести к

чрезмерному возрастанию времени поворота, что ведет к снижению производительности станка. Указанного недостатка можно избежать при одновременном использовании в приводе однооборотной муфты 1 (рис. 23б) и мальтийского креста 2. Водило мальтийского креста получает в этом случае вращение от вала однооборотной муфты 1 и при выключенной муфте остается 2_0 неподвижным. При включении однооборотной муфты водило делает один оборот и вновь выключается с помощью однооборотной муфты. В этом случае время поворота рабочего органа определяется только величиной динамических нагрузок, возникающих при работе мальтийского креста. Динамические нагрузки, возникающие при включении муфты, малы, так как в момент включения муфты ускорение получают только промежуточные передачи и водило.

Привод с однооборотной муфтой и мальтийским крестом широко используется в одношпиндельный токарно-револьверных автоматах для поворота револьверной головки.

Вместо однооборотной муфты для периодического поворота водила мальтийского креста может быть использован также отдельный электродвигатель, связанный через соответствующую понижающую передачу с валом водила. При повороте рабочего органа подается сигнал для включения электродвигателя. По окончании поворота рычаг фиксатора, работающего синхронно с водилом, нажимает на конечный выключатель и подает сигнал для выключения двигателя. При выключении двигателя включается тормоз. Непостоянство в положении водила в момент остановки не имеет никакого значения, так как эта ошибка не сказывается на процессе поворота мальтийского креста, поскольку водило в момент остановки не находится в зацеплении с крестом, а накопление ошибок не может возникнуть.

Подобные приводы используются для поворота многопозиционных столов агрегатных станков.

Приводы с храповыми механизмами. В приводах для периодического перемещения рабочих органов применяются как храповые муфты (рис. 24, а и з), так и храповые шестерни (рис. 24, б и в). Храповые муфты выполняются с торцовыми несимметричными зубцами: Одна половина муфты 2 (рис. 24а) сидит на шпонке на валу рабочего органа, а вторая жестко связана с ведущей шестерней 1. Полумуфты сцепляются под действием пружины б. При повороте шестерни 1 против часовой стрелки зубцы полумуфты, связанной с шестерней, захватывают зубцы полумуфты 2 и рабочий орган поворачивается вместе с шестерней. При повороте шестерни в обратном направлении полумуфта 2 отжимается вправо и рабочий орган остается неподвижным. Привод фиксатора 3 работает синхронно с шестерней 1. Шестерня 1 может получать реверсивное движение от различных видов приводов. Если вращение шестерни в обоих направлениях происходит с постоянной скоростью, то в момент начала и конца движения могут возникать значительные инерционные нагрузки. Плавное изменение скорости и ускорения может быть получено при использовании в приводе кулачкового механизма той или иной конструкции. На схеме кулачок 4 сообщает движение качающемуся рычагу с зубчатым сектором 5, который зацепляется с шестерней 1. Механизмы такого рода применяются в отдельных случаях для поворота многопозиционных барабанов.

В приводах с храповыми шестернями (рис. 24б) храповая шестерня 1, связанная с рабочим органом либо непосредственно, либо через промежуточную передачу, получает движение от собачки 5, которая связана шарнирно либо с качающимся рычагом 4, либо с поступательно движущимся толкателем. Рычаг 4 совершает качательное движение и при ходе по часовой стрелке поворачивает собачкой храповую шестерню, а при ходе назад собачка откидывается и храповая шестерня остается неподвижной. Рычаг 4 может получать качательное движение от различных приводов. На схеме движение рычага заимствуется от кривошипного диска 2, который связан с рычагом 4 шатуном 3. Переставляя палец кривошипа по пазу диска можно изменять угол качания рычага, а соответственно и угол поворота храповой шестерни. При постоянном угле качания рычага угол поворота храповой шестерни можно изменять с помощью щитка б. Поворотом щитка б можно перекрыть часть зубьев храповой шестерни, находящихся в пределах угла качания рычага. При повороте рычага против часовой стрелки щиток приподнимает собачку и на участке, перекрытом щитком, собачка не захватывает храповую шестерню.

Конструкции храповых механизмов весьма многообразны. Приводы с храповыми механизмами рассмотренного типа в различном конструктивном оформлении находят широкое

применение для осуществления периодических движений подачи в шлифовальных, поперечно-строгальных и других станках.

Если периодически поворачивающийся рабочий орган расположен на салазках, совершающих прямолинейное движение, то могут быть использованы приводы, схемы которых представлены на рис. 24, виг. Схема, представленная на рис. 24, в, характерна для револьверных головок. На одной оси с револьверной головкой 3 сидит храповая шестерня 4. На неподвижных направляющих рабочего органа 2 расположена собачка /. При ходе рабочего органа 2 влево зуб храповой шестерни упирается в собачку и при дальнейшем движении рабочего органа 2 храповая шестерня вместе с револьверной головкой поворачивается на соответствующий угол. Привод фиксатора обеспечивает своевременный вывод и ввод фиксатора.

Схемы, подобные представленной на рис. 24, г, применяются при фрезеровании и шлифовании зубьев и других операциях. При ходе рабочего органа 5 влево ролик штока / с зубчатой рейкой набегают на неподвижный кулачок 7. Шток перемещается вверх и поворачивает шестерню 2, связанную храповой муфтой 3 с рабочим органом 4. При ходе рабочего органа вправо пружина 6 опускает шток 1 вниз и шестерня 2 поворачивается в исходное положение.

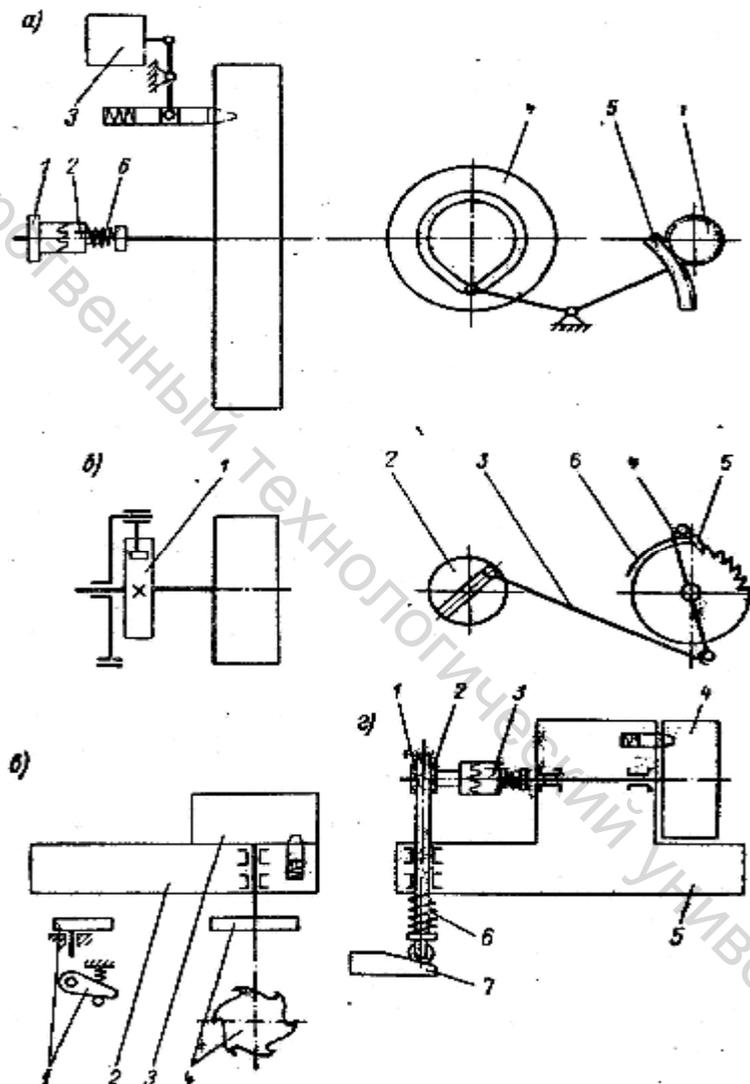


Рис. 24 Приводы с храповыми механизмами.

Расчет храповых муфт с торцовыми зубцами аналогичен расчету самовыключающихся муфт.

Существенным недостатком храповых механизмов является возможность появления значительных ударных динамических нагрузок. В конце хода возможен также перебег поворачиваемых звеньев, имеющих запас кинетической энергии.

Шаговые электродвигатели. В шаговых электродвигателях цепь питания электродвигателя включается периодически. При каждом включении цепи питания ротор электродвигателя поворачивается на определенный точно фиксированный угол. Включение цепи питания может происходить с большой частотой. У некоторых моделей шаговых электро-

двигателей частота включения достигает 6000 *гц*. Если угол поворота при одном включении Δ_y , а число включений z , то полный угол поворота ротора будет равен

$$g = z\Delta_y \quad (5.3)$$

При большой частоте включений ротор электродвигателя практически вращается непрерывно, однако останов ротора происходит с высокой точностью в соответствии с заданным числом включений. Изменяя частоту включения можно изменять скорость вращения ротора. Суммарный угол поворота ротора задается числом включений с помощью соответствующей системы управления.

Конструкции шаговых электродвигателей весьма многообразны. Простейшую конструкцию имеют электромеханические шаговые электродвигатели, в которых электромагнит приводит в движение собачку храпового привода. Такие шаговые электродвигатели работают с невысокой частотой и развивают небольшой крутящий момент. Они находят применение в аппаратах управления, например в шаговых искателях. Значительно более широкое применение могут найти шаговые электродвигатели с электромагнитной связью ротора и статора.

6. Зубообрабатывающие станки.

При всем разнообразии парка станков и режущего инструмента, применяемого для нарезания зубчатых колес, различают два метода изготовления колес, а именно: метод копирования профиля режущего инструмента и метод обката (огибания), основанный на механическом воспроизводстве зубчатого зацепления.

Нарезание колес по методу копирования осуществляется фрезерованием, строганием, шлифованием и протягиванием. Инструмент вырезает на заготовке впадины между зубьями, при этом профиль зуба соответствует профилю режущего инструмента. После обработки каждой впадины заготовку поворачивают на один зуб с помощью делительной головки. Данный способ имеет невысокие производительность и точность обработки. Инструментами при этом могут быть строгальный резец (рис.25,а), модульные дисковая (рис.25,б) и пальцевая (рис.25,в) фрезы и фасонный шлифовальный круг (рис.25г).

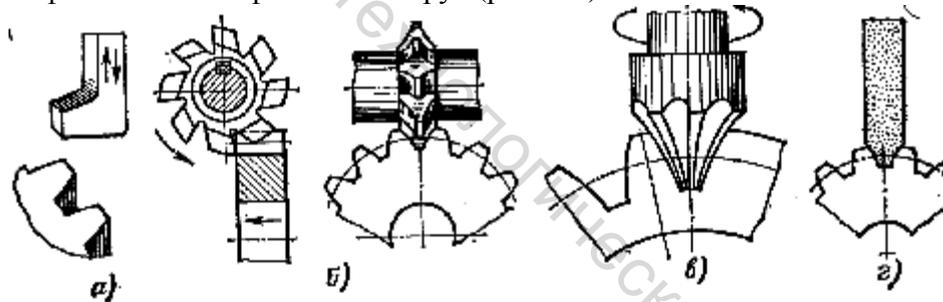


Рис. 25 Метод копирования.

Наиболее широкое распространение в практике получило механическое воспроизводство зубчатого зацепления — метод обката (огибания). Он заключается в том, что заготовке и инструменту сообщают движения, воспроизводящие сцепление пары сопряженных зубчатых колес или колеса с зубчатой рейкой; одновременно режущий инструмент совершает рабочее движение резания. Этот метод отличается от предыдущего более высокими производительностью и точностью обработки, причем одним инструментом можно нарезать колеса данного модуля независимо от числа зубьев.

Понятие об огибающей и огибаемой линиях положено в основу образования эвольвентного профиля зубьев резанием. При зубонарезании по методу огибания профили режущих кромок инструментов, перемещаясь, занимают относительно профилей зубьев колес ряд последовательных положений, срезая при этом металл в тех местах, где должны быть впадины между зубьями. Эвольвентные профили обрабатываемых зубьев возникают при этом как огибающие ряда указанных последовательных положений режущих кромок или, иначе, как огибающие ряда последовательных срезов металла. Поэтому такой метод профилирования зубьев носит название метода огибания или обката.

На рис.26 представлено несколько примеров образования эвольвентных профилей зубьев колес методом огибания. Для воспроизводства зубчатого зацепления колеса I и рейки

2 (рис.26,а) необходимо осуществить, во-первых, качение колеса по рейке и, во-вторых, сообщить режущему инструменту возвратно-поступательное рабочее движение резания. Для получения эвольвентного профиля зуба необходимо обеспечить определенное соотношение между вращением и поступательным движением колеса. Так, при повороте колеса на один зуб оно за это же время должно переместиться поступательно на величину шага зуба. На рис.26,б во впадинах колеса 1 изображены последовательные положения профилей зубьев режущей рейки 2, по отношению к которым профили зубьев колеса являются огибающими.

При нарезании зубьев червячной фрезой 3 (рис.26,в) последней сообщают вращательное движение резания и поступательное движение подачи; Одновременно заготовке 1 сообщают вращательное движение, направление которого зависит от направления витка фрезы. Если фреза правозаходная, то заготовка вращается против часовой стрелки, а если левозаходная, — то по часовой стрелке. Если сделать осевой разрез червячной фрезы, то будет видно, что ряд режущих зубьев фрезы образует зубчатую рейку. Эта рейка при каждом обороте фрезы смещается вдоль ее оси на величину шага червячной фрезы.

Рассматривая процесс фрезерования колеса червячной фрезой, можно установить сходство с процессом обработки колеса режущим инструментом — рейкой. И действительно, сопряженное вращение колеса и фрезы дает сочетание вращения колеса и поступательного движения режущей рейки. На рис.26 г показан ряд положений режущих кромок зубьев фрез в процессе обработки. Нетрудно видеть, что эвольвентные профили зубьев колеса образуются как огибающие ряды положений режущих кромок фрезы.

В практике нарезания зубчатых колес широко распространен метод огибания, при котором режущим инструментом является долбяк 4 (рис.26,д), которому сообщают возвратно-поступательное перемещение для обеспечения резания и согласованное вращение с заготовкой 1. На рис.26 с изображено последовательное положение зубьев долбяка 4 относительно заготовки; при этом эвольвентный профиль зуба колеса будет огибающей всех положений эвольвентного профиля зуба долбяка.

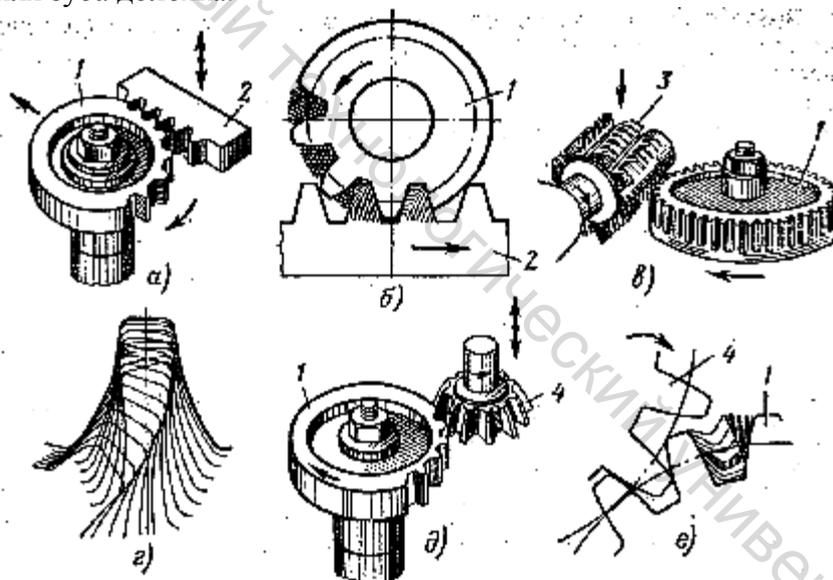


Рис. 26 Метод огибания.

Зубообрабатывающие станки, выпускаемые нашей станкостроительной промышленностью, подразделяются на различные типы по следующим признакам: а) назначению — для нарезания цилиндрических колес с прямыми и винтовыми зубьями, червячных и шевронных колес, зубчатых реек, конических колес с прямыми и криволинейными зубьями; б) виду рабочего движения — зубофрезерные, зубодолбежные, зубострогальные и зубопротяжные; в) характеру обработки - для нарезания зубьев и для чистовой обработки (отделки) зубьев.

6.1. Зубодолбежные станки.

Обработку колес на зубодолбежных станках осуществляют режущим инструментом, выполненным в виде зубчатого колеса,—долбяком. На этих станках нарезают прямозубые колеса наружного и внутреннего зацепления, а при наличии копира и косозубого долбяка — косозубые колеса. Кроме того, на станках можно нарезать блоки из нескольких колес. Достоинством станков является непрерывность работы без потери времени на подход к заготовке и выход из нее.

Рассмотрим основные формообразующие движения, необходимые для изготовления зубчатого цилиндрического колеса, для чего обратимся к структурной схеме станка (рис. 27).

Для образования прямого зуба требуются две кинематические группы: для получения профиля, который осуществляет сложное относительное движение - вращение долбяка B_2 и вращение заготовки B_1 для получения формы зуба по длине - простое поступательное движение долбяка Π с органом настройки i_u . Первая кинематическая группа состоит из делительной цепи, конечными звеньями которой являются вращение долбяка и вращение стола с заготовкой, настраиваемой органом настройки i_x .

$$\frac{1}{z_d} \text{ об. долбяка} \rightarrow \frac{1}{z} \text{ об. заготовки}, \quad (6.1)$$

где z_d, z — число зубьев долбяка и нарезаемого колеса.

Вторая пень первой кинематической группы — цепь подачи, настраиваемая органом настройки i_s . Под подачей s в этих станках понимается перемещение по начальной окружности долбяка за один его двойной ход. Расчетные перемещения будут

$$1 \text{ дв. ход долбяка} \rightarrow s \text{ мм перемещения по дуге}. \quad (6.2)$$

Помимо рассмотренных формообразующих движений, необходимо еще одно движение, обеспечивающее врезание долбяка в заготовку на полную высоту зуба. Это движение называется радиальной подачей и осуществляется в станках либо от специальных дисковых кулачков, либо от клинового копира, перемещающегося от гидроцилиндра.

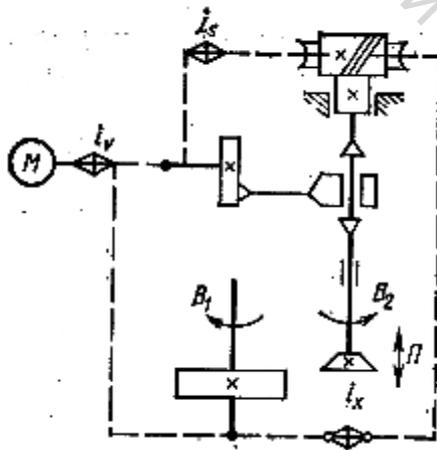


Рис. 27 Кинематическая схема.

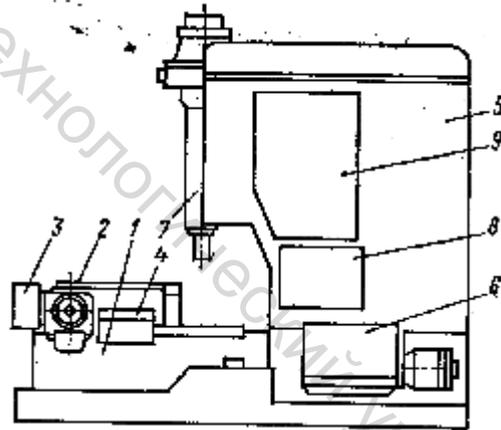


Рис. 28 Компановка зубодолбежного станка.

Зубодолбежный полуавтомат 5В150. Универсальный зубодолбежный станок 5В150 предназначен для нарезания зубьев на цилиндрических шестернях внутреннего и наружного зацепления диаметром до 800 мм и модулем до 12 мм как с открытыми, так и закрытыми венцами (блок-шестерни). На станине 1 (рис. 28) и внутри нее размещены основные узлы станка: стол 2 с механизмом отсчета оборотов заготовки 3, механизм врезания 4, стойка 5, коробка радиальных подач 6, суппорт 7, пульт управления 8 и гитара деления 9.

Нарезаемое колесо крепится на горизонтальной планшайбе стола станка при помощи специального приспособления. Для выверки биения заготовки планшайба может вращаться ускоренно от отдельного привода. Стол может перемещаться по горизонтальным направляющим станины ускоренно от отдельного привода для ориентировочной установки в исходное положение; замедленно от руки для точной установки в исходное положение и для врезания долбяка в заготовку; механически (радиальная подача) для врезания долбяка в заготовку на заданную глубину.

Станок работает по замкнутому автоматическому циклу, причем после пуска станка начинается одновременное движение долбяка, обкат и радиальная подача. По достижении долбяком заданной глубины процесс врезания автоматически прекращается, после чего планшайба стола делает один полный оборот.

Станок может работать как по однопроходному, так и по двухпроходному циклу, причем в зависимости от настройки станка во время перехода на второй проход скорость резания и подача могут изменяться автоматически, что значительно повышает производительность станка, стойкость инструмента и точность нарезания.

На станке можно нарезать косозубые колеса при помощи специально изготовляемого приспособления, которое монтируется на суппорте станка.

При надлежащем уходе и регулировке станок обеспечивает нарезание зубчатых колес по ГОСТ 1643-72 не ниже 7-й степени точности.

Механизмы полуавтомата осуществляют следующие формообразующие движения: а) главное движение - возвратно-поступательное перемещение долбяка в вертикальной плоскости; б) движение обката (делительное движение) — вращение долбяка и стола с заготовкой; в) движение врезания радиальной подачи стола; г) вспомогательные движения — быстрое вращение заготовки, работа счетного механизма, управляющего автоматическим циклом обработки.

Главное движение (рис. 29) осуществляется от трехскоростного электродвигателя 1 через клиноременную передачу 2—3, зубчатую пару 4 — 5, сменные колеса гитары скоростей a — b и колеса 8—9. Колесо 9 является одновременно кривошипом, преобразующим вращательное движение в поступательное движение ползуна, на котором крепится долбяк. Автоматическое переключение скоростей резания при двухпроходном цикле производится установкой в соответствующее положение рукояток на пульте управления.

К станку придают три пары сменных колес $a-b$ с постоянной суммой зубьев. В нижней части суппорта имеется устройство с эксцентриковым валом (на схеме не показано) для отвода долбяка при холостом ходе.

Цепь обката связывает вращение заготовки и инструмента. Эта связь осуществляется от стола 69 через червячную пару 33—34, гитару обката $d_1 - c_1, b_1 - a_1$, коническую пару 32—31, конический реверсивный механизм 28—27 и далее на червячную пару 26—25, которая осуществляет согласованное со столом 69 вращение ползуна с долбяком.

Круговая подача согласовывает возвратно-поступательное движение ползуна через кривошипный механизм 47, зубчатые колеса 9—8, 6—7, цепную передачу 10-11, колеса 12-13 или 14-15 или 16—17, 18—19, сменные колеса гитары круговых подач a_3 и b_3 , вал III, конические колеса 30-29, 28—27, вал Л и червячную пару 26-25 с круговым движением ползуна.

Движение радиальной подачи осуществляется от реверсивного электродвигателя 40, зубчатые передачи 41-42, червячную пару 43—44, муфту 45, сменные колеса гитары $a_2- b_2$, колеса 48-49, червячную пару 57-58 и винт 67. При рабочей подаче муфта 55 выключена, а муфта 45 включена. Переключение муфт 45 и 55 заблокировано таким образом, что при включении одной муфты другая выключается. При реверсе двигателя 40, для быстрого отвода стола движение передается через зубчатые колеса 41—42, муфту 55, конические колеса 47—56, червячную пару 57 — 58 и винт 67. Ручное перемещение стола осуществляется через валик 52 и колеса 51 и 50; при этом муфты 45 и 55 должны быть выключены.

Реверсирование двигателя 40 и переключение муфт 45 и 55 осуществляется при помощи механизма врезания, диски которого 60 — 61 приводятся во вращение перемещением стола 69 от рейки 66 через зубчатые колеса 65 — 64 — 63—62. Один диск служит для однопроходного цикла, другой — для двухпроходного. За 1 мм хода стола диски 61 —60 поворачиваются на 10 мм по окружности наружного диаметра; на дисках нанесены деления, указывающие глубину врезания. Как только одна из собачек 59 попадает во впадину на первом диске (на схеме не показано), рычаг воздействует на микропереключатели, которые выключают электродвигатель 40 радиальной подачи, и стол 69 останавливается.

Электродвигатель 39 через зубчатые колеса 38—37 и червячную пару 34—33 при выключенной муфте 68 приводит стол в быстрое вращение для точной установки заготовки. Стол можно вращать вручную через валик 46, червячную пару 53—54 и цепную передачу 36-35. Вращение шпинделю долбяка для проверки биения посадочной шейки сообщает электродвигатель 70. Ручное вращение стола осуществляется от рукоятки 46.

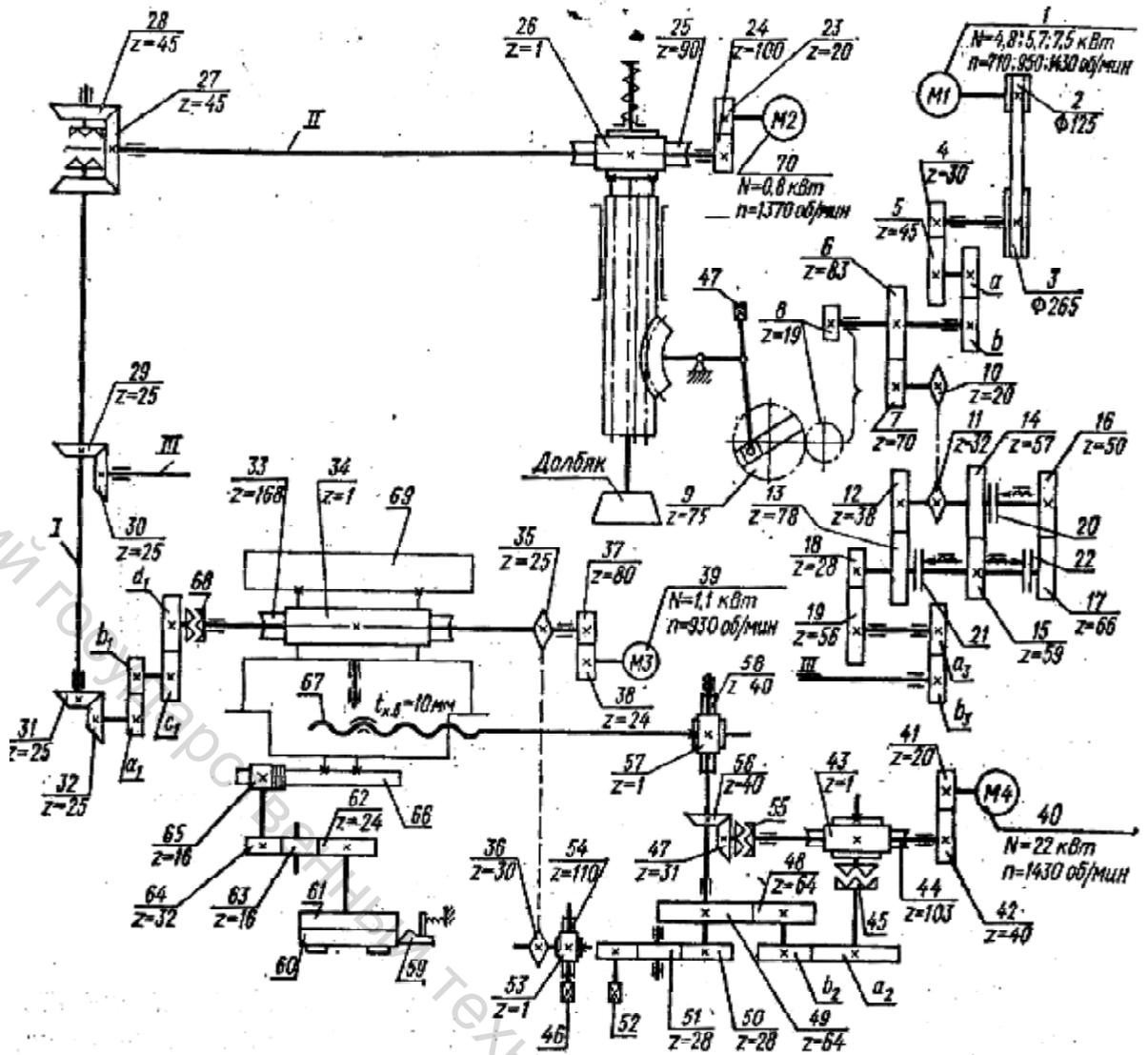


Рис. 29 Кинематическая схема станка.

Отсчет полного оборота стола с заготовкой производится счетчиком (рис. 30). Вращение вала *B* связано с вращением стола. За один оборот стола вал делает почти полный оборот. На валу закреплен диск *I*, к которому пружиной прижимается диск *2*. Последний имеет прорезь, в которую входит фиксатор *3*, удерживающий диск от вращения.

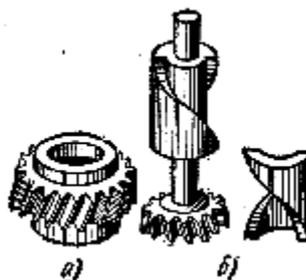


рис. 30

Одновременно, с выключением электродвигателя радиальной подачи включается электромагнит *ЭМ4*, который выводит фиксатор из прорези, после чего диск *2* начинает вращаться. При включении электромагнита микропереключатель *B15* подготавливает электросхему к выключению электродвигателя главного привода. По истечении 2—3 мин реле времени отключает электромагнит; при этом фиксатор освобождается, стремясь занять прежнее положение, т. е. сначала прижимается к поверхности диска *2*, а затем, когда диск сделает полный оборот, попадает в его прорезь. Диск *2* перестает вращаться, микропереключатель выключает электродвигатель главного привода, и станок останавливается. Винт *4* служит для регулировки работы микропереключателя.

Настройка полуавтомата 5В150. Исходными данными настройки станка являются число зубьев нарезаемого колеса z , модуль m , число зубьев долбяка z_d , угол профиля α и материал нарезаемого колеса.

Расчет числа двойных ходов долбяка. Движениями конечных звеньев в данном случае будут вращение вала электродвигателя l (см. рис. 29) и прямолинейное перемещение ползуна.

Расчетные перемещения:

n вала электродвигателя $\rightarrow n$ дв. ход/мин ползуна.

В соответствии с кинематической схемой формула настройки имеет вид

$$n_{\text{дв.х}} = n_{\text{эл}} \frac{125}{265} 0,98 \frac{30 a}{45 b} \frac{19}{75} \quad (6.3)$$

Число двойных ходов $n_{\text{дв.х}}$ определяют исходя из необходимой средней скорости, $u_{\text{ср}}$ м/мин, установленной технологическим процессом зубонарезания. Зная длину хода долбяка l , равную ширине колеса плюс 2-3 мм можно определить среднюю скорость резания;

$$u_{\text{ср}} = 2l \cdot n_{\text{дв.х}} / 100 \quad (6.4)$$

откуда

$$n_{\text{дв.х}} = 500u_{\text{ср}} / l \quad (6.5)$$

Настройка радиальной подачи. Автоматическая радиальная подача связывает частоты вращения электродвигателя 40 и винта 67 стола 69 (см. рис. 29) с шагом 10 мм:

$$s_{\text{рад}} = 1430 \frac{20}{40} \frac{1}{103} \frac{a_2}{b_2} \frac{64}{64} \frac{1}{40} 10 \text{ мм/мин} \quad (6.7)$$

или

$$s_{\text{рад}} = 2,4 \frac{a_2}{b_2} \text{ мм/мин}$$

При ускоренном ходе стола (через муфту 55)

$$s_{\text{рад}} = 1430 \frac{20}{40} \frac{31}{40} \frac{1}{40} 10 = 142 \text{ мм/мин} \quad (6.8)$$

Настройка круговой подачи. Круговая подача исчисляется в миллиметрах перемещения по диаметру начальной окружности долбяка за один его двойной ход. Кинематическая цепь, связывающая вращение кривошипа 9 (см. рис. 29) с вращением долбяка, будет

$$1_{\text{дв.х}} \frac{75}{19} \frac{83}{70} \frac{20}{32} i_{\text{кп}} \frac{a_3}{b_3} \frac{25}{25} \frac{45}{45} \frac{1}{90} p_{\text{д}} = s \quad (6.9)$$

Настройка осуществляется тремя электромагнитными муфтами 20-21-22, допускающими автоматическое переключение подач, и сменными зубчатыми колесами a_3 - b_3 , расширяющими диапазоны подач. Для долбяка диаметром 100 мм круговые подачи настраивают следующим образом: исходя из выбранного значения подач для чернового и чистового проходов определяют сменные зубчатые колеса гитары a_3 - b_3 . Например: черновая подача 0,4 мм, а чистовая 0,7 мм за один двойной ход. Подбирают сменные зубчатые колеса 36/74, а на пульте управления устанавливают рукоятки в соответствующее положение.

После окончания чернового прохода происходит автоматическое переключение муфт 20 и 21 подачи с 0,4 мм на 0,7 мм на один двойной ход долбяка.

Расчет сменных зубчатых колес гитары деления. Составим уравнение кинематического баланса, связывающего начальные и конечные звенья

$$\frac{1}{z_d} \frac{90}{1} \frac{45}{45} \frac{25}{25} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{1}{168} = \frac{1}{z} \quad (6.10)$$

Отсюда формула расчета сменных колес группы деления будет

$$\frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} = \frac{z_d}{z}$$

Реверс обката. Для снижения шероховатости и повышения точности обрабатываемой поверхности, а также для увеличения срока службы долбяка рекомендуется после 130—180

мин непрерывной работы менять направление обката. При этом обе стороны профиля зуба долбяка будут изнашиваться равномерно. Изменение направления обката производится переменной места шестерни (см. рис. 29).

Настройка станка на нарезание косозубых колес не отличается от обычной. В этом случае устанавливают копиры с винтовой направляющей, которые сообщают долбяку дополнительное вращение. В результате вращательного и возвратно-поступательного движения зубья долбяка будут перемещаться по винтовой линии, угол наклона которой должен быть равен углу наклона винтовой линии зубьев нарезаемого колеса на делительном цилиндре. Если T и $T_{кп}$ — соответственно шага винтовой линии нарезаемых зубьев и копира, а β — угол наклона винтовой линии зуба, то

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{T_{кп}}{pmz_{\partial}} = \frac{T}{pmz}$$

или

$$T_{кп} = T \frac{z_{\partial}}{z}$$

(6.11)

Винтовые направляющие (копиры) поставляются к станку по специальному заказу. Расчетные перемещения, установленные для нарезания прямозубых колес, остаются такими же и при нарезании косозубых колес. Однако в этом случае с изменением угла наклона зубьев колеса должны изменяться как винтовые направляющие, так и долбяки.

6.2. Зубофрезерные станки (метод копирования).

Основные схемы обработки зубьев по методу копирования представлены на рис. 25. Заготовку устанавливают на оправке делительного устройства или в приспособлении фрезерного стайка. Для нарезания зубьев на заготовке необходимы три движения: главное движение — вращение фрезы; движение подачи — относительное перемещение инструмента вдоль образующей зуба; движение деления — периодический поворот заготовки на один зуб после обработки очередной впадины.

В условиях крупносерийного и массового производства метод копирования применяют для предварительной обработки зубьев, используя специальные станки, работающие по полуавтоматическому циклу. Предварительную обработку впадины чаще всего производят дисковыми модульными фрезами. Зубофрезерные станки для указанных целей выпускают в двух исполнениях — для обработки цилиндрических и обработки конических прямозубых колес. Кинематика и конструкция станков одинаковы, разница состоит лишь в том, что приспособление для установки заготовок у станков для обработки конических колес имеет более сложную конструкцию.

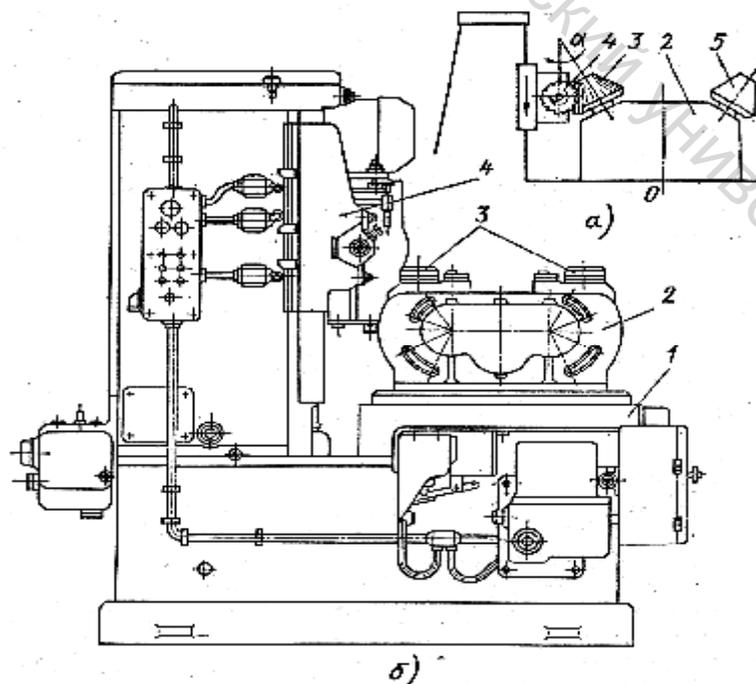


Рис. 31 Компановка станка мод.Е3-40.

На рис. 31,а показан принцип фрезерования зубьев конических колес. На оправке фрезерной бабки 4 устанавливают фрезу, а заготовку 3 закрепляют на шпинделе поворотного приспособления 2. Сообщая инструменту вертикальную подачу, фрезеруют впадину колеса. По окончании обработки каждой впадины шпиндель совершает делительное движение. Угол установки шпинделя $\alpha = j - g_1$, где j — половина угла при вершине начального конуса колеса, g_1 — угол ножи. При этом условии дно впадины совпадает с направлением вертикальной подачи фрезы. Поворотное приспособление двухпозиционное. Во время обработки заготовки 3 устанавливают очередную заготовку 5. Поворотом стола на 180° заготовку подводят к фрезе. При фрезеровании цилиндрических зубчатых колес оси шпинделей приспособления 2 параллельны вертикальным направляющим бабки 4.

Зубофрезерный станок ЕЗ-40, представленный на рис. 31, работает по непрерывному циклу с автоматическим единичным делением нарезаемого цилиндрического или конического колеса с прямыми зубьями. В зависимости от характера обработки детали станок может быть выполнен с различной подачей фрезы: вертикальной, маятниковой и радиальной. При изменении вида подачи в станке изменяются только гидравлическая система и электрооборудование.

На двухпозиционном поворотном столе 1 (рис. 31б) находится приспособление 2, имеющее три шпинделя в каждой позиции. На оправках шпинделей 3 закрепляют заготовки. Оси шпинделей установлены под углом таким образом, что дно фрезеруемой впадины располагается вертикально. На горизонтальном шпинделе фрезерной бабки 4 закрепляют дисковые модульные фрезы. Заготовку устанавливают в загрузочной позиции. После нажатия пусковой кнопки стол поворачивается на 180° и включает подачу сначала быстрого, а затем медленного вертикального перемещения фрезерной бабки. После окончания фрезерования первой впадины бабка переключается на обратный ускоренный ход. Как только фрезы выйдут из прорезанных впадин, происходит деление, при котором шпиндели заготовки поворачиваются на один зуб нарезаемого колеса с последующим включением подачи для фрезерования очередных впадин. Наличие двухпозиционного стола и многоместного приспособления в сочетании с полуавтоматическим циклом обеспечивает высокую производительность станка.

Кинематическая схема станка (рис. 32) состоит из цепей: главного движения, подачи, вспомогательных движений, (рис. 32,а) и деления (рис. 32,б). Привод фрезы осуществляется от электродвигателя 5 через клиноременную передачу 1-2, гитару скоростей $a_1 - b_1$, и червячную пару 3 — 4. Инструментальный шпиндель получает шесть значений частот вращения в диапазоне 62 — 203 об/мин. Делительная цепь в станке самостоятельная. Движение передается от электродвигателя 6 через зубчатые колеса 7 — 8, червячную пару 9—10, сменные колеса $a - b$, $c - d$, передачи 13 — 14, 11 — 12, 11 — 16 - 15 к шпинделям заготовок.

Рабочая подача, быстрый подвод и отвод суппорта и стола, реверсивный поворот стола на 180° осуществляются гидравлическим приводом. Рассмотрим работу гидравлической системы станка.

Сдвоенные лопастные насосы /8 через разделительную панель 19 и пластинчатый фильтр 20 нагнетают масло в гидравлическую систему. Насос низкого давления 18(2) подачей 25 л/мин и насос высокого давления 18(1) подачек 5 л/мин не работают совместно. При рабочем цикле станка насос низкого давления отключается, и масло идет на слив в бак. Отключение его производит разделительная панель 19 в зависимости от силы сопротивления подвижных органов станка. Разделительная панель предназначена для предохранения от перегрузки гидропривода станка при быстром перемещении подвижных органов с малой силой (при низком давлении) и при медленном перемещении этих же органов с большой силой (при высоком давлении).

Из разделительной панели масло, проходя пластинчатый фильтр 20, попадает в золотник 21 поворота стола. В зависимости от положения конечного выключателя 44 включается электромагнит 40 или 41. Происходит

переключение золотника 21. Масло под давлением, проходя через золотник попадает в полость цилиндров-реек 26 или 27 — происходит поворот стола на 180°. Затем включается электромагнит 39 реверсивного золотника 22. Масло поступает в правую полость гидроцилиндра 23 перемещения стола — происходит подвод стола. Длина хода стола регулируется

упором 24—25. После нажатия упора на конечный выключатель 42 вступает в работу электродвигатель деления б.

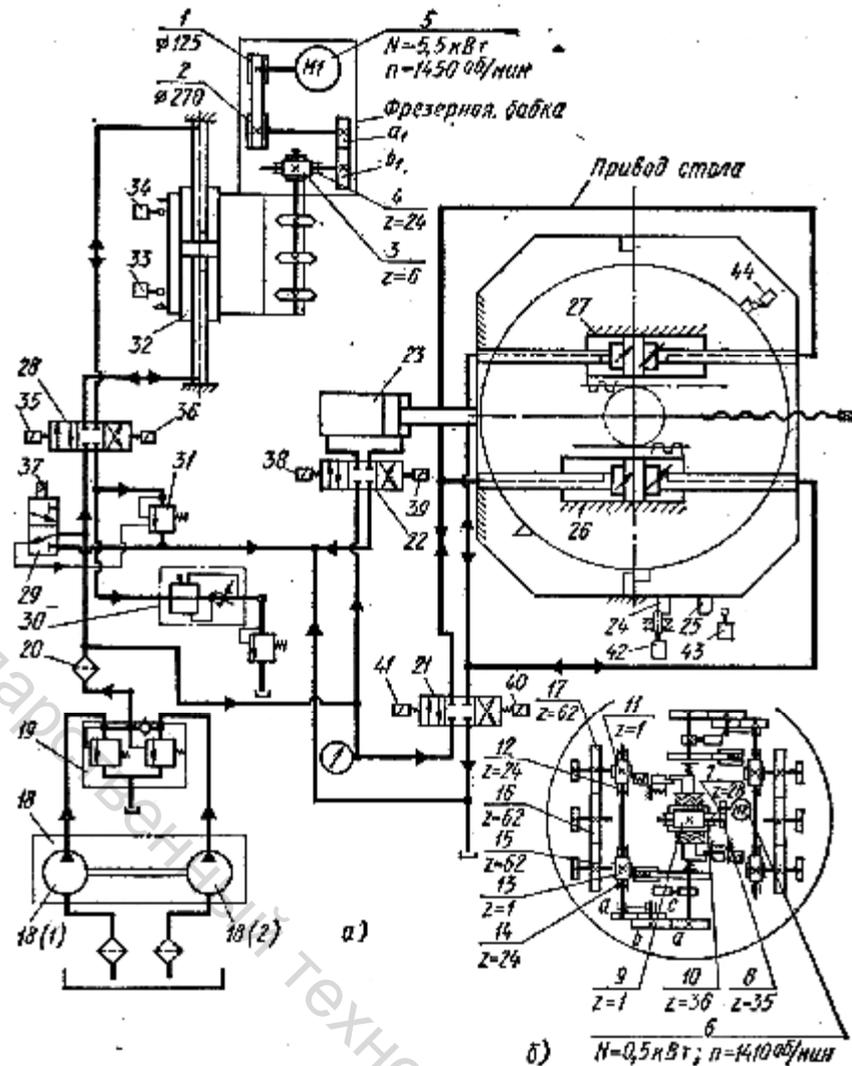


Рис. 32 Кинематическая схема станка мод. ЕЗ-40.

После процесса деления включается электромагнит 35 реверсивного золотника 28 перемещения суппорта. Масло под давлением поступает в нижнюю полость гидроцилиндра 32 суппорта — начинается рабочая подача. Масло из верхней полости гидроцилиндра, проходя через золотник 28, попадает в дроссель с регулятором 30, который служит для регулирования скоростей перемещения суппорта во время рабочей подачи. Совместное действие дросселя и регулятора обеспечивает равномерную скорость движения, не зависящую от нагрузки, во время фрезерования зубьев заготовки. После нажима упора суппорта на конечный выключатель 34 рабочий ход суппорта прекращается: выключается электромагнит 35, включается электромагнит 36 реверсивного золотника 28 и электромагнит 37 золотника 29.

Масло из основной магистрали, проходя через золотник 29, подает команду на срабатывание напорного золотника 31, через который оно сливается из нижней полости цилиндра 32. Суппорт ускоренно возвращается в верхнее положение и при нажатии упора на конечный выключатель 33 останавливается. Электромагниты 36 и 37 отключаются. Золотник 28 суппорта возвращается в исходное положение, и канал свободного слива закрывается. После этого происходит деление заготовки на $1/2$ частей и повторение цикла до нарезания последнего зуба. Затем суппорт быстро отходит вверх, нажимая упором на конечный выключатель 43, — станок останавливается. Оба гидронасоса продолжают работать, и масло через разделительную панель поступает на слив. Для возобновления цикла необходимо нажать кнопку «Поворот стола», находящуюся на пульте управления станка.

6.3. Зубофрезерные станки (метод огибания).

Зубофрезерные станки, работающие по методу огибания, предназначены для обработки цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями, а также червячных колес (см. рис. 26, в). При нарезании зубьев вращение фрезы и заготовки должно быть согласованным. Чтобы обеспечить это условие, в станке имеется специальная цепь. Если колесо имеет z зубьев и совершит n_k оборотов, а фреза за это время сделает n_ϕ оборотов, то передаточное отношение i_x между числами оборотов колеса и фрезы будет

$$i_x = \frac{n_k}{n_\phi} = \frac{1}{z} \quad (6.12)$$

Если фреза имеет z' заходов, то передаточное отношение

$$i_x = \frac{n_k}{n_\phi} = \frac{z'}{z} \quad (6.13)$$

Рассмотрим формообразующие движения станка для образования профиля зубьев (рис. 33). При нарезании прямозубого цилиндрического колеса необходимо осуществить главное вращательное движение фрезы B_1 , регулируемо органом настройки i_u вращение заготовки B_2 или B_3 согласовано с вращением фрезы B_1 ; перемещение суппорта с фрезой - параллельно оси стола Π и настраивается органом i_3 . Суппорт может перемещаться вниз или вверх. При его перемещении вниз осуществляется встречное фрезерование. В этом случае зубья фрезы движутся навстречу срезаемому слою металла. При перемещении суппорта вверх происходит попутное фрезерование. В этом случае зубья фрезы движутся вместе со срезаемым слоем металла. При попутном фрезеровании допускается увеличение скорости резания на 20--25% по сравнению со скоростью при встречном фрезеровании.

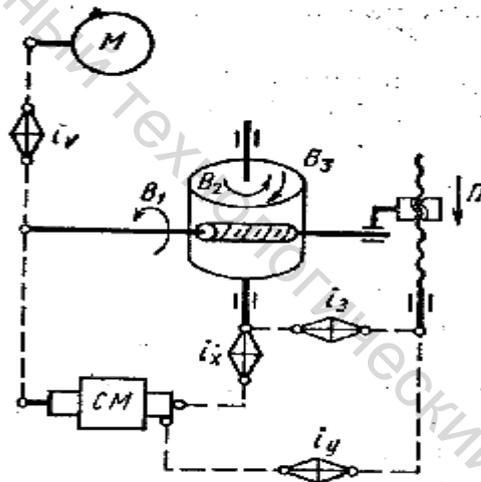


Рис. 33 Формаобразующие движения в зубофрезерном станке.

При нарезании косозубых колес к рассмотренным формообразующим движениям добавляется движение для образования винтовой линии (дифференциальная цепь). При дифференциальной настройке вращательные движения фрезы и стола согласовываются двумя одновременно действующими и настраиваемыми цепями: основной и дополнительной. Дополнительная цепь связывает вращение фрезы и заготовки и настраивается звеном настройки i_u . Составим расчетные перемещения для случая нарезания косозубых колес.

1. Вращательное движение фрезы B_1 . Движениями конечных звеньев здесь являются вращение вала электродвигателя и вращение фрезы. Расчетные перемещения:

$$n \text{ об/мин} \rightarrow n_\phi \text{ об/мин.} \quad (6.14)$$

2. Цепь образования эвольвенты. Делительная цепь связывает вращение стола и фрезы (B_2, B_1). Расчетные перемещения:

$$1 \text{ об. фрезы} \rightarrow \frac{z'}{z} \text{ об. заготовки} \quad (6.15)$$

3. Цепь подачи. Движения конечных звеньев — вращение стола и продольное перемещение суппорта фрезы (B_2, II). Расчетные перемещения:

1 об. стола $\rightarrow S_B$,

где s_B — вертикальное перемещение суппорта за один оборот заготовки, мм.

4. Образование винтовой линии (дифференциальная цепь). Движения конечных звеньев — вращение стола и вращение фрезы. Расчетные перемещения:

$$1 \text{ об. стола} \rightarrow \pm \frac{z}{z'} \frac{s_B}{T} \text{ об. фрезы,} \quad (6.16)$$

где T — шаг винтовой линии зуба.

При нарезании прямого зуба структура станка упрощается вследствие изменения структуры кинематической группы образования формы зуба по длине. Вместо сложного винтового движения в этом случае требуется осуществить простое, прямолинейное. Орган настройки i_y не настраивается, а суммирующий механизм CM выключается.

Зубофрезерный полуавтомат мод. 5М324А предназначен для фрезерования зубьев цилиндрических прямозубых и косозубых колес, а также червячных колес в условиях средней и крупносерийного производства. По точности станок изготовлен в соответствии с требованиями ГОСТ 659 — 78 по классу Н. Высокая универсальность станка обеспечивает работу по автоматическому циклу с радиальным врезанием, попутным и встречным фрезерованием.

Рассмотрим кинематические цепи станка (рис. 34).

Цепь главного движения: электродвигатель 70, зубчатые колеса 1 — 2—3, сменные колеса гитары скоростей $a — b$ (валы I, II, III), колеса 4—5, 22—23, вал V, колеса 42-43, 44-45, вал VII (фреза).

Цепь вращения стола: электродвигатель 70, зубчатые колеса 1-2-3, сменные колеса a_1-b_1 колеса 4-5, 6-7, 8-9-10, дифференциал, передачи 13-14, колеса $e-f$, сменные колеса гитары деления a_2-b_2, c_2-d_2 , колеса 15 — 16, 60 — 61, червячная пара 62 — 63. Колесо 63 тесно связано со столом.

Делительная цепь, связывающая вращательное движение фрезы и стола: колеса 45-44, 43-42, 23-22, 6-7, 8-10, дифференциал, колеса 13-14, колеса $e-f$, сменные колеса гитары деления a_2-b_2, c_2-d_2 колеса 15-16, 60-61, червячная передача 62—63.

Цепь вертикальной подачи: червячная пара 63—62, колеса 61-60, 16-15, червячная передача 17—50, - колеса 58—57, сменные колеса гитары подач a_3-b_3 , колеса 56-55, 33—28, червячная передача 25-18, винт вертикальной подачи с шагом $t_1 = 10$ мм.

Ускоренная вертикальная подача осуществляется по цепи: электродвигатель 73, цепная передача 21-59, колеса 54—53, 30—28, червячная передача 25 -18, винт вертикальной подачи с шагом $t_1 = 10$ мм.

Цепь радиальной подачи для нарезания червячных колес идет от стола через червячную пару 63-62, колеса 61- 60, 16—15, червячные пары 17—50, 58—57, сменные колеса a_3-b_3 , колеса 56-55, 33-34, 31—32, червячную передачу 35—36 па винт радиальной подачи X с шагом $t_2 = 10$ мм.

В станке имеется дополнительная цепь, связывающая вращение стола и вращение фрезы. Началом этой цепи являются стол, затем следует передача 63—62, колеса 61—60, 16—15, червячная передача 17—50, колеса 58—57, -коробка подач со сменными шестернями a_3-b_3 , колеса 54—53, 30—28, коническая пара 27—26, гитара дифференциала $a_2 — b_2, c_2 — d_2$, колеса 19—20, червячная пара 11 — 12, дифференциальный механизм, конические колеса 7-6, 22—23, 42-43, на колеса 44—45 — шпиндель. Эта цепь включается при нарезании цилиндрических косозубых колес.

Витебский государственный университет

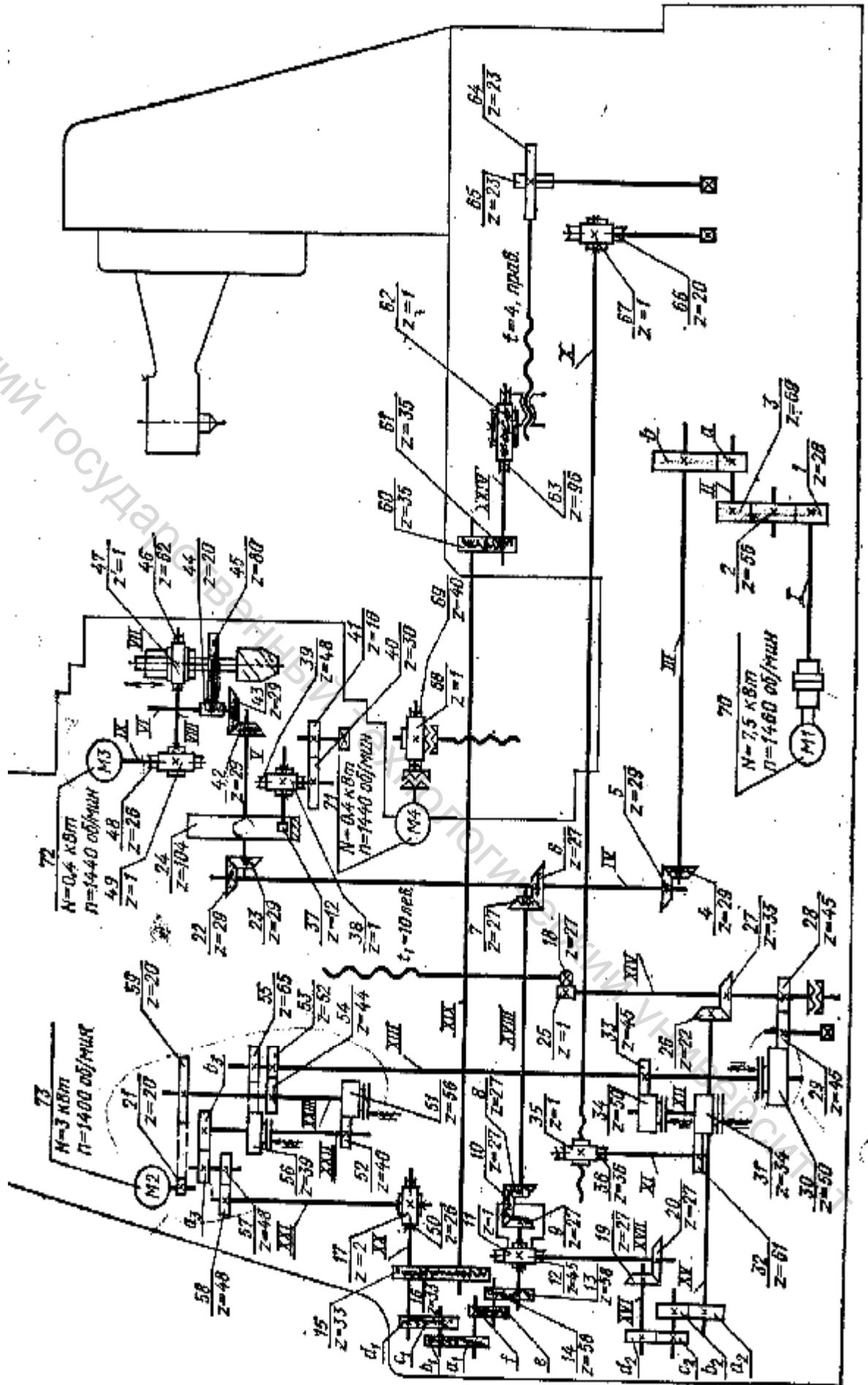


Рис. 34 Кинематическая схема станка мод. 5М324А.

Наладка полуавтомата 5М324. Для обеспечения нормальной работы станка перед его пуском необходимо проверить правильность установки заготовки на столе и установки фрезы, определить глубину фрезерования и настройку гитар сменных колес. Заготовку устанавливают на специальных оправках и проверяют на биение индикатором. Величина допустимого биения 0,01—0,02 мм. После закрепления заготовку проверяют на биение по наружному диаметру и торцу.

При нарезании прямозубых цилиндрических колес червячную фрезу устанавливают наклонно под углом φ к горизонтальной плоскости, равным углу β подъема винтовой линии фрезы (рис. 35,а). При нарезании косозубых колес угол наклона фрезы $\varphi = \alpha \pm \beta$, где α — угол наклона зубьев нарезаемого колеса к его оси. Знак плюс будет при разноименных направлениях винтовых линий зубьев нарезаемого колеса и фрезы (рис. 35,в), а знак минус — при одноименных направлениях (рис. 35,б). Рекомендуется выбирать фрезу с тем же направлением винтовой линии, что и у зубьев нарезаемого колеса; это повышает точность обработки. При нарезании червячных колес фрезу устанавливают горизонтально, т. е. $\varphi = 0$.

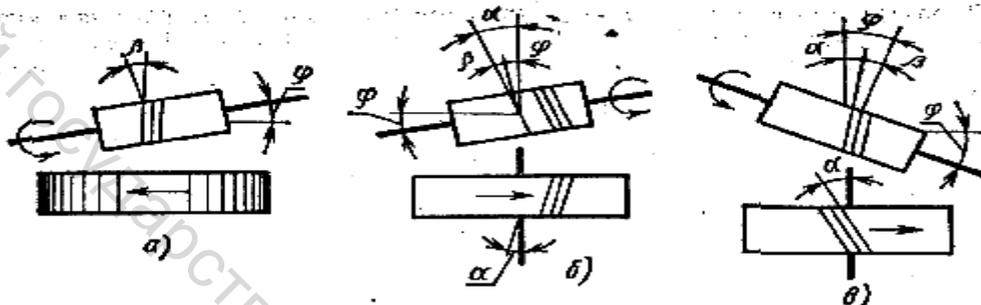


Рис. 35 Установка фрезы относительно заготовки.

Настройка зубофрезерного станка на нарезание прямозубых цилиндрических колес. Исходными данными для расчета являются модуль m , число зубьев нарезаемого колеса, материал заготовки, диаметр фрезы, заходность фрезы z' , угол наклона канавок β и материал режущей части. Для обработки зубьев прямозубых колес требуется три формообразующих движения: вращение фрезы, вращение заготовки, движение подачи.

При расчете настройки скоростной цепи, зная скорость резания v и диаметр фрезы d_ϕ , определяют частоту вращения фрезы n_ϕ и устанавливают ее при помощи гитары скоростей $a-b$.

Расчетными перемещениями будут

$$n_{эл} \text{ об/мин} \rightarrow n_\phi \text{ об/мин} \quad (6.17)$$

Уравнение кинематического баланса, связывающее частоты вращения электродвигателя и фрезы, $n_{эл}i$ цепи от эл. двигателя до фрезы $= n_\phi \text{ об/мин}$ или

$$1460 \frac{26}{56} \frac{56}{69} \frac{a}{b} \frac{29}{29} \frac{29}{29} \frac{20}{80} = n_\phi \text{ об/мин} \quad (6.18)$$

Решая уравнение относительно a/b , имеем

$$a/b = C n_\phi$$

где C — постоянная скоростной цепи.

При настройке делительной цепи (согласованное движение заготовки и фрезы) уравнение кинематического баланса согласно расчетному перемещению будет

$$1 \frac{80}{20} \frac{29}{29} \frac{29}{29} \frac{27}{27} \frac{27}{27} i_{\partial u \phi} \frac{58}{58} \frac{e}{f} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{33}{33} \frac{35}{35} \frac{1}{96} = \frac{z'}{z} \quad (6.19)$$

Передаточное отношение механизма дифференциала в этом случае $i_{\partial u \phi} = 1$. Решая уравнение относительно

$$\frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1}, \text{ имеем}$$

$$\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = 24 \frac{z' e}{z f}$$

Сменные колеса e и f служат для расширения диапазона регулирования сменных колес гитары деления. При $z \leq 161$ $e: f = 1 = 54: 54$. При $z \leq 161$ $e: f = 1:2 = 36:72$. Настройка цепи вертикальной подачи

$$1 \frac{96}{1} \frac{35}{35} \frac{33}{33} \frac{2}{26} \frac{48}{48} \frac{a_3}{b_3} \frac{39}{65} \frac{50}{45} \frac{1}{24} 10 = s_B \quad (6.20)$$

Решая уравнение относительно $a_3 - b_3$, получим формулу настройки

$$a_3 / b_3 = C_s s_B$$

где C_s - постоянная цепи подачи; s_B — вертикальная подача.

Настройка станка для нарезания косозубых цилиндрических колес. Для обработки зубьев косозубых колес необходимы те же движения, что и для прямозубых колес. Но соотношение между частотами вращения фрезы и заготовки здесь несколько иное, так как для образования косоугольного зуба требуется дополнительное вращение стола. Последнее может совпадать и не совпадать с направлением основного вращения заготовки. Это зависит от направления винтовых линий червячной фрезы и зубьев нарезаемого колеса. В первом случае дополнительный поворот складывается с главным, во втором — вычитается из главного.

При нарезании прямозубого колеса фреза переместится вдоль оси заготовки на величину вертикальной подачи s_B , определяемую на один оборот стола. При этом фреза переместится из точки A в точку A_1 (рис. 36). В случае нарезания косозубых колес при вертикальном перемещении фрезы на величину s_B зубья фрезы должны проходить вдоль наклонных линий косых зубьев из точки A в точку B . Для этого стол должен дополнительно повернуться по дуге на величину $A_1 B_1$. Эта часть оборота n_d есть то дополнительное, вращение, которое должна быть сообщено столу через гитару дифференциала. При дальнейшем перемещении фрезы из точки A_1 в точку A_2 стол дополнительно повернется на величину $A_2 B_2$.

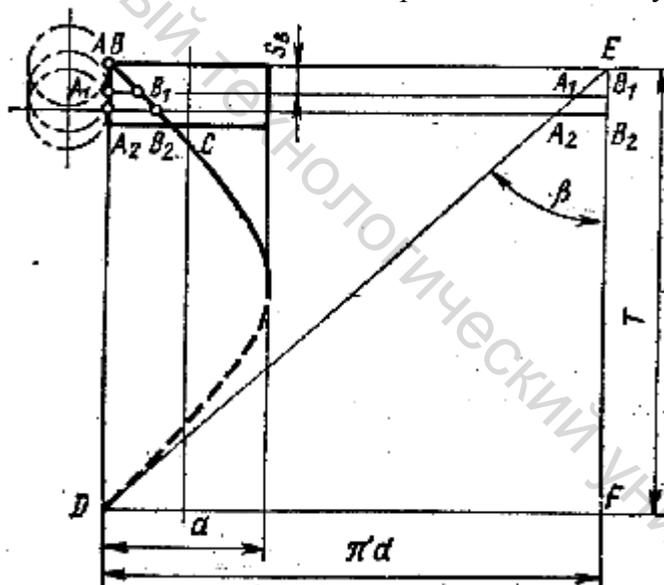


Рис. 36 Схема образования винтовой линии косозубого колеса.

Величину $A_1 B_1$ нетрудно вычислить. Из треугольника DEF развертки винтовой линии косоугольного зуба

$$T = \pi d \operatorname{ctg} \beta = \pi m_s z \operatorname{ctg} \beta = \pi m z / \sin \beta, \quad (6.21)$$

где T - шаг винтовой линии; d - диаметр начальной окружности; β - угол наклона винтовой линии; m_s , m — торцовый и нормальный модули.

Из подобия треугольников DEF и $A_1 E B_1$ величина n_d определяется как отношение длины $A_1 B_1$ к длине начальной окружности πd :

$$n_d = \frac{A_1 B_1}{\pi d} = \frac{B_1 E}{EF} = \frac{s_B}{T} \quad (6.22)$$

Если фреза пройдет путь AD , то $n_d = 1$, т. е. за время перемещения фрезы на шаг T винтовой линии зуба (впадины) заготовка должна сделать один дополнительный оборот. При этом фреза сделает z/z' оборотов.

Если вертикальная подача s_B и ширина колеса равны шагу винтовой канавки T , то за время перемещения фрезы относительно заготовки на величину T стол сделает T/s_B оборотов; тогда фреза при нарезании прямозубого колеса за это же время совершит $\frac{T}{s_B} \frac{z}{z'}$ оборотов.

При нарезании косозубых колес, как было показано, стол должен сделать один дополнительный оборот для того, чтобы зубья фрезы перемещались по наклонной канавке. В этом случае полное число оборотов фрезы

$$\frac{T}{s_B} \frac{z}{z'} \pm \frac{z}{z'} \quad (6.23)$$

Таким образом, расчетные перемещения для стола и фрезы $\frac{T}{s_B}$ об. стола

$$\rightarrow \left(\frac{T}{s_B} \frac{z}{z'} \pm \frac{z}{z'} \right)$$

Умножая уравнение на s_B/T , получим расчетные перемещения, отнесенные к одному обороту стола:

$$1 \text{ об. стола} \rightarrow \left(\frac{T}{s_B} \frac{z}{z'} \pm \frac{z}{z'} \right) \text{ об. фрезы.} \quad (6.24)$$

Сравнивая эти расчетные перемещения с перемещениями при нарезании прямозубых колес, заметим, что здесь фреза за один оборот стола совершит дополнительно $\pm \frac{T}{s_B} \frac{z}{z'}$ оборотов.

Расчет настройки гитары деления зависит от способа передачи дополнительного вращения заготовке. Существует два метода настройки — дифференциальный и бездифференциальный.

Дифференциальную настройку применяют в том случае, если дополнительное вращение заготовки сообщается по специальной кинематической цепи через дифференциал, который суммирует основное и дополнительное вращения и передает их столу. Уравнение кинематического баланса дополнительной цепи согласно расчетному перемещению

$$1 \frac{96}{1} \frac{35}{35} \frac{33}{33} \frac{2}{26} \frac{48}{48} i_{kn} \frac{44}{52} \frac{50}{45} \frac{33}{22} \frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} \frac{27}{27} \frac{1}{45} i_{\text{диф}} \frac{27}{27} \frac{29}{29} \frac{29}{29} \frac{20}{80} = \pm \frac{z}{z'} \frac{s_B}{T} \quad (6.25)$$

Передаточное отношение дифференциала $i_{\text{диф}} = 2$. Подставляя в уравнение кинематического баланса это значение и значение i_{kn} получим

$$\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} = \frac{25z}{z'T}$$

Если вместо T подставить его значение, равное $\pi m z / \sin \beta$, то получим формулу настройки $\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} = \frac{7,95775 \sin \beta}{m z'}$

где m — нормальный модуль, мм,

Бездифференциальную настройку используют в том случае, когда основное и дополнительное вращения заготовке сообщает одна кинематическая цепь — цепь деления. Этот метод применяют редко в связи со сложностью подбора сменных колес этой гитары.

В этом случае необходимо соответствующим образом согласовать вращение фрезы и заготовки.

Уравнение перемещений для основной цепи запишется в виде

$$1 \frac{96}{1} \frac{35}{35} \frac{33}{33} \frac{d_1}{c_1} \frac{b_1}{a_1} \frac{e}{f} \frac{58}{58} i_{\text{диф}} \frac{27}{27} \frac{29}{29} \frac{29}{29} \frac{20}{80} \quad (6.26)$$

$$\left(\frac{z}{z'} \pm \frac{T}{s_B} \frac{z}{z'} \right)$$

При $i_{\text{диф}} = 1$ отношение $ef = l$ и

$$\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{24z' T}{z T \pm s_B}$$

При подстановке в формулу значения сменных колес гитары деления следует подставить точное фактическое значение вертикальной подачи.

Настройка станка для нарезания червячных колес. Существует два метода нарезания зубьев червячных колес: радиальной и тангенциальной подачами.

При фрезеровании зубьев червячных колес радиальной подачей s_p (рис. 37,а) фреза перемещается к заготовке в радиальном направлении до тех пор, пока между осью фрезы и центром нарезаемого колеса не установится размер A . Для осуществления данного метода необходимы следующие движения: вращение червячной фрезы, вращение заготовки и радиальная подача фрезы. Фреза и заготовка совершают такие же вращательные движения и при нарезании прямозубых цилиндрических колес, поэтому гитара деления настраивается также. Цепь вертикальной подачи суппорта отключается.

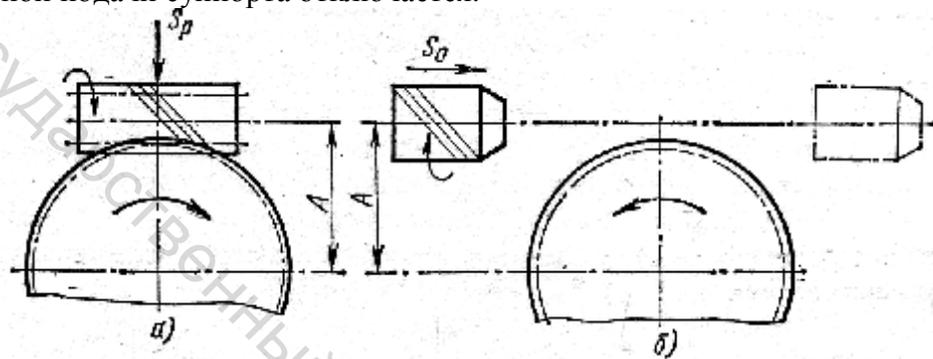


Рис. 37 Методы нарезания зубьев червячных колес

Настройку гитары подач рассчитывают на основании следующих соображений. За один оборот заготовки (стола) фреза переместится на величину радиальной подачи s_p . Следовательно, начальным звеном кинематической цепи будет стол, а конечным — винт с шагом $t_2 = 10$ мм:

$$1 \text{ об. стола} \rightarrow s_p \text{ мм/об. стола.} \quad (6.27)$$

Уравнение кинематического баланса

$$1 \frac{96}{1} \frac{35}{35} \frac{33}{33} \frac{2}{26} \frac{48}{48} i_{\text{кп}} \frac{44}{52} \frac{45}{50} \frac{34}{61} \frac{1}{61} 10 = s_p \quad (6.28)$$

При обработке червячных колес по методу тангенциальной подачи применяют червячные фрезы с конусной заборной частью. Цилиндрическая часть этой фрезы соответствует размерам и профилю червяка, в зацеплении с которым будет работать нарезаемое колесо. Фрезу устанавливают относительно заготовки по данному межосевому расстоянию A (рис. 37,б). Наряду с движением огибания (обкатки) фрезе сообщают подачу вдоль ее оси. При нарезании зубьев червячных колес по данному методу необходимы следующие движения: вращение фрезы, вращение заготовки, осевая подача фрезы и дополнительное вращение заготовки, вызываемое осевым перемещением фрезы.

Диагональное фрезерование. Зуборезный инструмент — очень сложный и дорогостоящий (стоимость инструмента составляет 50% стоимости зуборезной операции), поэтому мероприятия, направленные на повышение его стойкости, занимают важное место при эксплуатации зубофрезерных станков. Червячные фрезы в основном изнашиваются на небольшом участке, так как их контакт с заготовкой небольшой по сравнению с длиной фрезы. Обычно из нескольких десятков зубьев фрезы изнашиваются только три-пять. Очевидно, для более полного использования фрезы необходимо периодически осуществлять ее осевую передвижку, что будет выравнивать износ и увеличивать стойкость, а значит, и срок службы фрезы. Наибольший эффект дает работа с непрерывным осевым перемещением фрезы во время нарезания заготовки методом диагонального зубофрезерования. При этом методе червячной фрезы сообщают одновременно две подачи — одну параллельно оси нарезаемого ко-

леса и другую вдоль оси фрезы, в результате чего фреза будет перемещаться по диагонали. На рис. 38 приведена схема зубонарезания с применением диагональной подачи s_d . Когда фреза пройдет вдоль своей оси путь l_p , а по вертикали — путь B , стол станка сделает $l_p/s_0 = B/s_B$ оборотов; отсюда

$$s_0 = s_B(l_p/B) \quad (6.29)$$

где s_B - вертикальная подача, мм/об; s_0 - осевая подача, мм/об; B — ширина зубчатого колеса, мм; l_p — рабочая длина фрезы; можно принимать $l_p = L - 6,6m$ мм; здесь L — длина передней части фрезы, мм; m — модуль рубчатого колеса, мм.

Для осуществления диагонального фрезерования необходимо иметь на станке специальный суппорт, обеспечивающий непрерывное перемещение фрезы. В рассматриваемой модели станка такого устройства нет, и осевая периодическая передвижка фрезы осуществляется от отдельного электродвигателя (поз. 12 на рис.34).

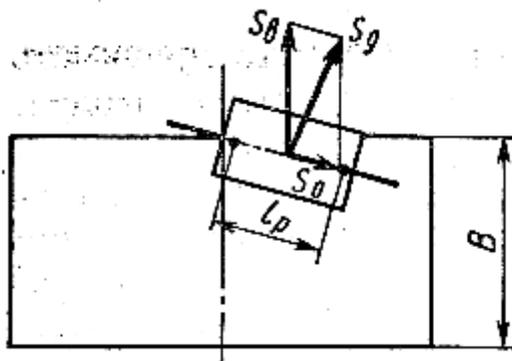


Рис. 38 Метод диаганальной подачи.

6.4. Зубозакругляющие станки.

Процесс зубозакругления. В коробках передач различных машин широко применяют скользящие блоки колес, переключаемых для изменения частоты вращения выходящего из коробки вала или шпинделя. Кроме скользящих блоков, применяют также и зубчатые муфты. Блоки и муфты переключаются путем перемещения их вдоль оси от положения сцепления одной пары к положению сцепления другой. При таком переключении весьма важно попадание зубьев одного элемента во впадины другого. Однако при плоских торцах зубьев такое попадание весьма затруднительно, а иногда и вовсе невозможно.

Для ускорения процесса переключения закругляют торцы зубьев переключаемых колес (рис. 39,а). Этот процесс может производиться на специальных зубозакругляющих станках пальцевыми фрезами (рис. 39,б).

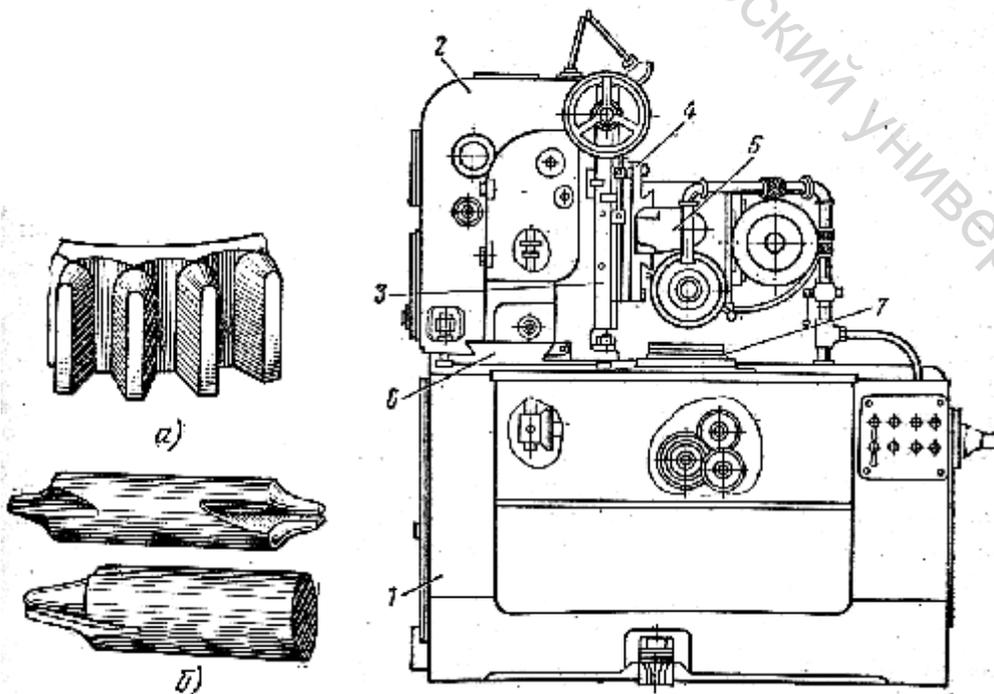


Рис. 39 Метод закругления торцов зубьев Рис. 40 Компановка полуавтомата мод. 5Н582

Полуавтомат мод. 5Н582 (рис. 40) предназначен для закругления торцов зубьев прямозубых цилиндрических колес наружного и внутреннего зацепления в условиях серийного и массового производства. На станине 1 устанавливается стойка 2, на вертикальной плоскости которой смонтирована инструментальная бабка, состоящая из салазок 3, поворотной плиты 4 и головки 5. Стойка может перемещаться по поперечным направляющим станка 6. Станина 1 имеет горизонтальные направляющие, на которых установлена шпиндельная бабка изделия 7. В шпиндель устанавливается оправка для закрепления заготовки.

Обработка на станке производится пальцевыми фрезами при непрерывном вращении заготовки и синхронном с ним перемещении инструмента. При этом инструмент совершает два движения: движение резания (вращение вокруг оси) и возвратно-поступательное вертикальное перемещение, которое в сочетании с вращательным движением заготовки обеспечивает получение заданной формы закругления зуба. Внутренний зуб обрабатывается только в наладочном режиме.

Станок имеет вертикальную компоновку, при которой ось шпинделя изделия расположена вертикально, а ось фрезерного шпинделя — горизонтально. Изменение частоты вращения фрезы осуществляется при помощи сменных шкивов, устанавливаемых на вал электродвигателя и шпиндель фрезы. Настройка полуавтомата на число обрабатываемых зубьев производится гитарой деления. Время цикла устанавливается при помощи сменных шестерен гитары цикла. Специальный счетчик количества обрабатываемых деталей позволяет устанавливать время смены инструмента.

6.5. Зубошевинговальные станки.

Процесс шевингования. Для снижения шероховатости поверхности и достижения высокой точности профиля зубьев незакаленных зубчатых колес применяют процесс шевингования. При этом используется специальный инструмент — шевер, который представляет собой колесо или рейку, зубья у которых прорезаны поперечными канавками для образования режущих кромок (рис. 41). При вращении шевера и обрабатываемого колеса, находящихся в зацеплении, происходит боковое скольжение зубьев по их длине, и кромки канавок на зубьях шевера срезают (соскабливают) тонкую стружку с профилей зубьев колеса. Срезание происходит в результате скрещивания осей шевингуемого колеса и шевера.

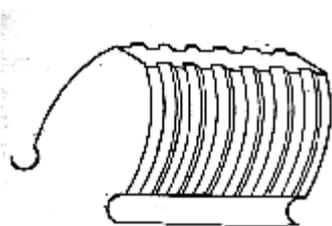


Рис. 41 Зуб шавера

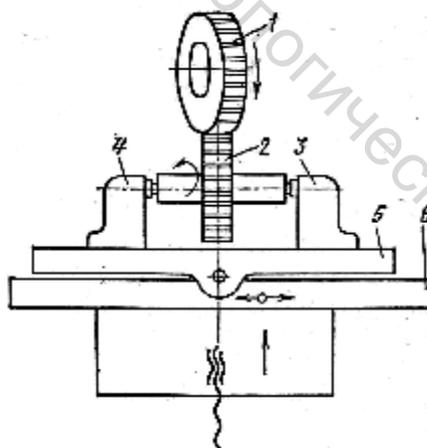


Рис. 42 Принципиальная схема шевингования.

Рассмотрим принципиальную схему работы шевинговального станка (рис. 42). Шевер / вращается от электродвигателя станка и принудительно вращает обрабатываемое зубчатое колесо 2, установленное в центрах бабки 3, 4. Бабка размещена на столе 5, который шарнирно связан с нижним стол 6 станка, получающим возвратно-поступательное движение. Стол в конце каждого двойного хода совершает вертикальную подачу. Таким образом, при шевинговании происходят следующие движения: вращение шевера и колеса, возвратно-поступательное перемещение колеса и перемещение колеса в радиальном направлении к шеверу.

Недостатком процесса шевингования, является отсутствие жесткой кинематической связи между шевером и обрабатываемым колесом, вследствие чего накопленная ошибка оче-

редного шага исправляется в небольшой степени. Кроме того, точность обработки шевингования в значительной степени зависит от качества зубонарезания и припуска под шевингование.

В последнее время получает распространение новый способ обработки зубьев кромочными шеверами. В отличие от обычного шевингования этот процесс осуществляется при жесткой кинематической связи между режущим инструментом и обрабатываемым колесом, расположенным к инструменту под углом 45° . Кромочный шевер и обрабатываемое колесо образуют пару зубчатых колес со скрещивающимися осями. Для обработки применяют два шевера, каждый из которых обрабатывает свою сторону зуба колеса при соответствующем направлении движения обката и подачи.

Процесс обработки зуба кромочным шевером осуществляется следующим образом (рис. 43). Обрабатываемое колесо *1* из левого крайнего положения подводится быстро к режущему инструменту *2*, в этот момент включается медленная рабочая подача, при которой обрабатывается одна сторона *А* профиля зубьев. После окончания обработки стороны *А* колесо перемещается в крайнее правое положение. Затем вращение шевера и колеса реверсируют, и обрабатываемое колесо вновь подводится к шеверу, опять включается рабочая подача и отделяется другая сторона *Б* профиля зубьев. После этого колесо быстро перемещается в исходное положение.

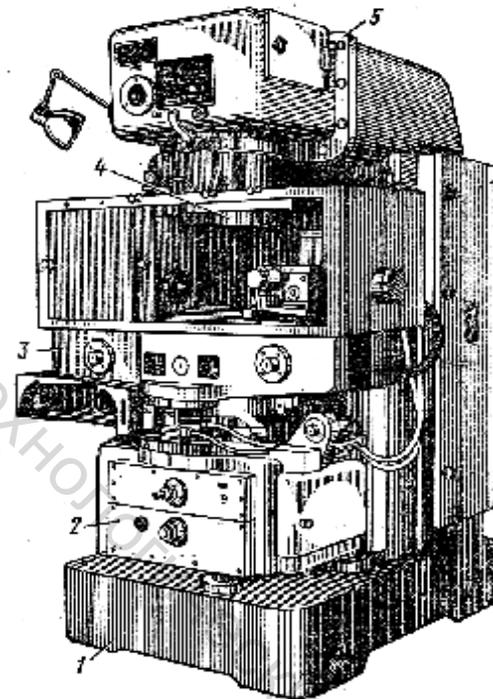
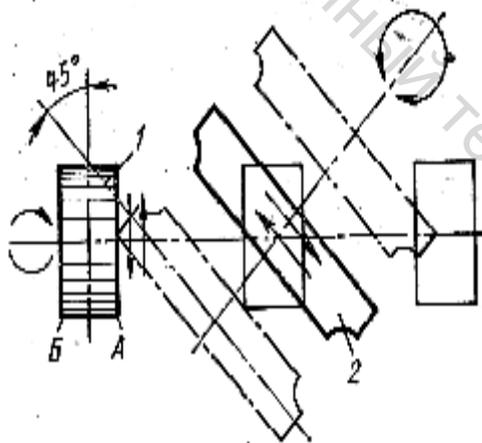


Рис. 43 Процесс обработки кромочным шевером Рис. 44 Компановка станка мод. 5702

Шевинговальный станок мод. 5702. Станина *1* (рис. 44) имеет внизу форму плиты, служащей основанием станка, а вверху — форму стойки. Спереди, на верхней части стайки имеется плоскость, в которой крепится основание *5*, а к нему снизу монтируется шевинговальная головка *4*. Ниже, также впереди станины, расположены вертикальные направляющие, к которым прижимается консоль *2* с механизмом продольной и радиальной подачи. На горизонтальных направляющих консоли установлен стол *3*, состоящий из салазок и укрепленной на них верхней части. Стол может перемещаться по направляющим консоли в обе стороны.

Кинематическая схема станка состоит из трех самостоятельных кинематических цепей (рис. 45): вращения шевера, продольной подачи стола и радиальной подачи консоли со столом.

Цепь вращения шевера заимствуется от электродвигателя / через червячную передачу *2—3*, сменные колеса *a—b*, конические пары *4—5*, *8—9* цилиндрические колеса *10—11*.

Цепь продольной подачи стола начинается от электродвигателя *14* через червячную пару *17—18*, сменные колеса *a₁—b₁*, конические пары *16—15* и *13—12* на винт t_x , который сообщает поступательное движение столу.

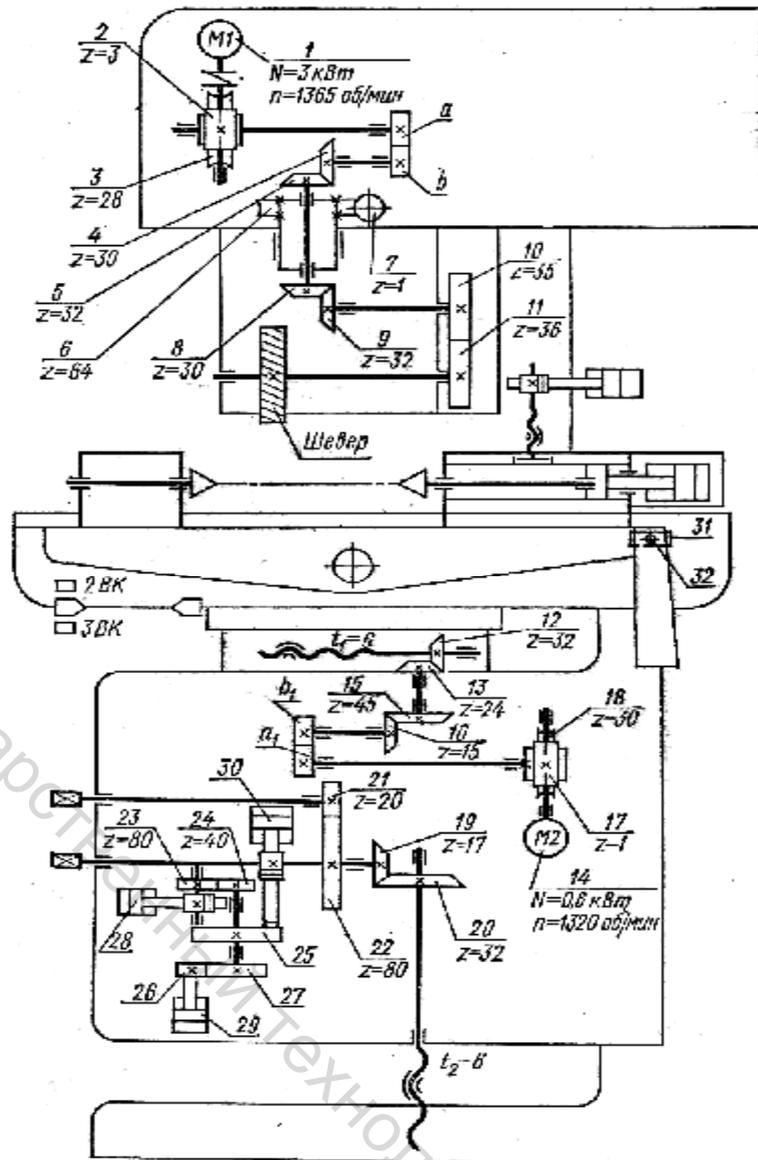


Рис. 45 Кинематическая схема станка мод. 5702.

Цепь радиальной подачи осуществляется от гидроцилиндра 28 через реечную пару на цилиндрические колеса 23—24; вращение получает валик, на котором закреплены кулак радиальных подач 25 и барабан управления 27. Угол поворота кулака 25 ограничивается винтами-упорами, расположенными в шахматном порядке и опирающимися на собачку 26, которая перебрасывается гидроцилиндром 29. Кулак имеет ступеньки но торцу с перепадом 1,45 мм, т. е. при повороте кулака на минимальный угол 12 шток гидроцилиндра 30, упирающийся в площадку кулака, получает возможность перемещения на 1,45 мм. Далее через реечную пару, конические колеса 19—20 — на винт t_2 .

Реверсирование вращения шевера и подачи стола осуществляется электродвигателями, получающими команду от конечного выключателя 2BK, контакты которого перебрасываются упорами в конце хода стола. Конечный выключатель 3BK является аварийным и отключает станок, если не срабатывает выключатель 2BK.

Шевингование бочкообразной формы зуба осуществляется за счет поворота копира 31 на определенный угол. При поступательном движении палец 32, скользящий в пазу копира, через кронштейн, повернутый к столу, сообщает ему качение в вертикальной плоскости вокруг центральной оси. Изделие, установленное в центрах бабок на столе, также качается; при этом ось изделия наклоняется по отношению к оси шевера. Поэтому у торцов шевер снимает больший слой металла, чем в средней части зуба; этим обеспечивается бочкообразная форма зуба шевингуемого колеса. Для расчета частоты вращения шевера необходимо выбрать скорость резания, за которую принимают скорость $v_{ск}$ бокового скольжения зубьев шевера относительно зубьев шевингуемого колеса.

OA и OB — векторы окружных скоростей шевра и колеса; OF — линия соприкосновения зубьев; φ_1 и φ_2 — углы наклона зубьев; δ - угол скрещивания осей. Проекции окружных скоростей на линию OC , перпендикулярную к линии зуба, должны быть $AE = BD = CO$, т. е. $OA \cos \varphi = OB \cos \varphi_2$. Скорость бокового скольжения

$$v_{ск} = OD - OE = OB \sin \varphi_2 - OA \sin \varphi_1. \quad (6.30)$$

Подставляя сюда $OB = OA \frac{\cos j_1}{\cos j_2}$ получим

$$u_{ск} = OA \left(\frac{\sin j_2 \cos j_1}{\cos j_2} - \sin j_1 \right) = u \frac{\sin \delta}{\cos j_2}$$

Таким образом, скорость резания при шевинговании пропорционально синусу угла скрещивания осей шевра и колеса.

Если у колеса прямые зубья, т. е. $\varphi_2 = 0$ и $\cos \varphi_2 = 1$, то $\varphi_1 = \delta$ и $v_{ск} = v \sin \delta$.

Предположим, окружная скорость шевра $v = 120$ м/мин, угол скрещивания осей $\delta = 15^\circ$, тогда скорость резания (скорость проскальзывания) $v_{ск} = 120 \sin 15^\circ \approx 31$ м/мин. Зная диаметр шевра и скорость резания $v_{ск}$ нетрудно определить частоту вращения шевра:

$$n_{ш} = \frac{100 u_{ск}}{p d_{ш}} \text{ об/мин} \quad (6.31)$$

$$n_{дв} = \frac{3}{28} \frac{a}{b} \frac{30}{32} \frac{32}{30} \frac{35}{36} = n_{ш} \text{ об/мин}$$

Настройка гитары продольной подачи. Под подачей $s_{пр}$ понимают величину перемещения стола в продольном направлении за один оборот заготовки. При минутной подаче s_m и частоте вращения заготовки n_3

$$s_{пр} = s_m / n_3 \quad \text{или} \quad s_m = s_{пр} n_3, \quad (6.32)$$

где

$$n_3 = n_{ун} (z_m / z_{заг})$$

Уравнение кинематической цепи от электродвигателя до винта $t_1 = 6$ мм.

Настройка станка на радиальную подачу. Эта подача осуществляется в конце каждого продольного хода стола. Величина радиальной подачи в мм/ход стола определяется по формуле

$$s_p = \frac{1.45n}{p 3.5 \cdot 21} \frac{17}{32} 6 = 0.02n \quad (6.33)$$

где n — число интервалов между соседними упорами; рекомендуется брать $n = 1 \div 3$.

6.6. Зубошлифовальные станки.

Для получения более правильной формы зуба и снижения шероховатости его поверхности закаленные колеса подвергают шлифованию. Шлифование зубьев, так же как и их нарезание, производят двумя методами — огибанием (обкаткой) и копированием. Метод огибания основан на использовании относительных движений рейки и зубчатого колеса (рис. 46, а, б) или червяка и червячного колеса (рис. 46, в). Торцовые поверхности двух и более шлифовальных кругов лежат в плоскости боковых сторон зубьев воображаемой рейки, по которой катится без проскальзывания шлифуемое зубчатое колесо. При шлифовании по методу копирования (рис. 46, г) дисковый шлифовальный круг правят алмазными карандашами, так чтобы его профиль в радиальном сечении соответствовал профилю впадины зубчатого колеса.

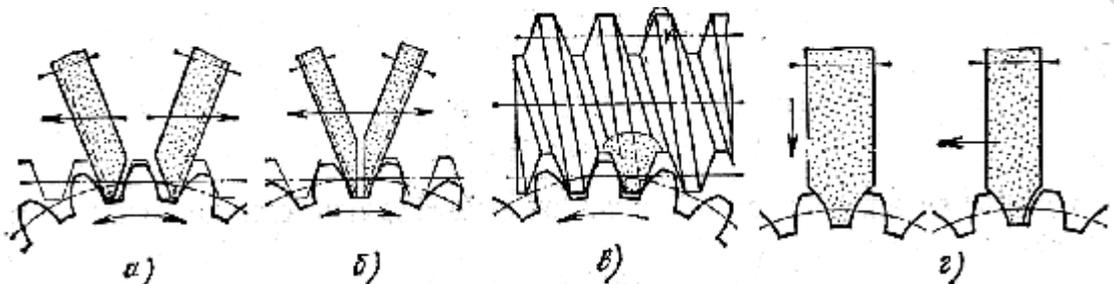


Рис. 46 Методы шлифования зубчатых колес.

Все зубошлифовальные станки по своей кинематической структуре незначительно отличаются от зуборезных станков, работающих по тому же методу.

Зубошлифовальный полуавтомат мод. 5А841 работает по методу обката и предназначен для шлифования прямозубых и косозубых колес. В процессе шлифования воспроизводится зацепление зубчатого колеса с рейкой.

В станке имеются следующие формообразующие движения: движение резания - вращение шлифовального круга; движение подачи по длине зуба - возвратно-поступательное перемещение шлифовального круга; движение подачи для образования эвольвенты — сложное движение круглого стола станка, слагающееся из его взаимосвязанных вращательного и поступательного движений.

Цикл обработки — автоматический; он обеспечивает черновую или чистовую подачу; необходимое число черновых, чистовых подач и выхаживаний без подачи и правок шлифовального круга в цикле; величины подачи на правку и компенсацию износа шлифовального круга; переход с чернового на чистовой режим обработки; выключение станка. На станке возможно получение модификации профиля по высоте (фланкирование) и по длине (бочкообразование).

Зубошлифовальный полуавтомат мод. 5В832 предназначен для шлифования зубьев цилиндрических прямозубых и косозубых колес. Зубчатые колеса модулем до 0,8 мм можно шлифовать на станке без предварительного нарезания зубьев. Шлифование производится абразивным червяком методом обката при непрерывном делении. Окончательное профилирование винтовой нитки на абразивном червяке выполняется на станке стальным многониточным накатником или алмазными резцами,

В станке имеются следующие формообразующие кинематические цепи (рис. 47): вращения абразивного червяка, вращения шлифуемого колеса, вертикального возвратно-поступательного движения суппорта изделия, перемещения стойки при установке абразивного червяка и шлифуемого колеса на расстоянии между их осями и при радиальной подаче.

При накатке витков абразивного червяка производится вращение последнего и поступательное перемещение суппорта накатки вдоль оси, согласованное с вращением червяка; за один оборот червяка накатник перемещается на один шаг. Накатник вращается непосредственно от абразивного червяка в результате сил трения. Радиальная подача суппорта с накатником к абразивному червяку осуществляется гидравлически.

Настройка гитары деления. Цепь обеспечивает согласованное вращение абразивного червяка и шлифуемой заготовки. За один оборот червяка заготовка должна повернуться на один зуб. Характерной особенностью станка является наличие в цепи деления электрической синхронной связи, осуществляемой двумя синхронными двигателями 38 и 39. Один электродвигатель через пару цилиндрических колес 1,2 приводит во вращение шпиндель абразивного червяка II, другой — через пару цилиндрических колес 19,20, гитару деления $a—b$, $c—d$, сменные колеса $e—f$ и делительную пару 21, 22 приводит во вращение шпиндель изделия.

Расчетные перемещения

$$1 \text{ об. червяка} \rightarrow \frac{1}{z} \text{ об. заготовки.} \quad (6.34)$$

Уравнение кинематического баланса

$$1 \frac{70}{70} \frac{a}{b} \frac{c}{d} \frac{e}{f} \frac{26}{156} = \frac{1}{z} \quad (6.35)$$

$$\text{откуда } \frac{a}{b} \frac{c}{d} = \frac{18}{z} \text{ при } \frac{e}{f} = \frac{29}{87} \text{ для } z = 21 \div 200$$

Цепь правки согласовывает вращение абразивного червяка с перемещением механизма правки. За один оборот червяка механизм правки должен переместиться на один шаг накатываемого витка. Привод цепи правки: от двухскоростного электродвигателя 40 через зубчатые колеса 9, 10, червячную пару 8, 7 и колеса 6, 5, получает вращение вал III. От него через кулачковую муфту и зубчатые колеса 4, 3 вращение передается шпинделю II абразивного червяка, а через сменные колеса гитары $a_1—b_1$, $c_1—d_1$ и колеса 11—12 на винтовую пару 13—14, чем осуществляется перемещение механизма правки.

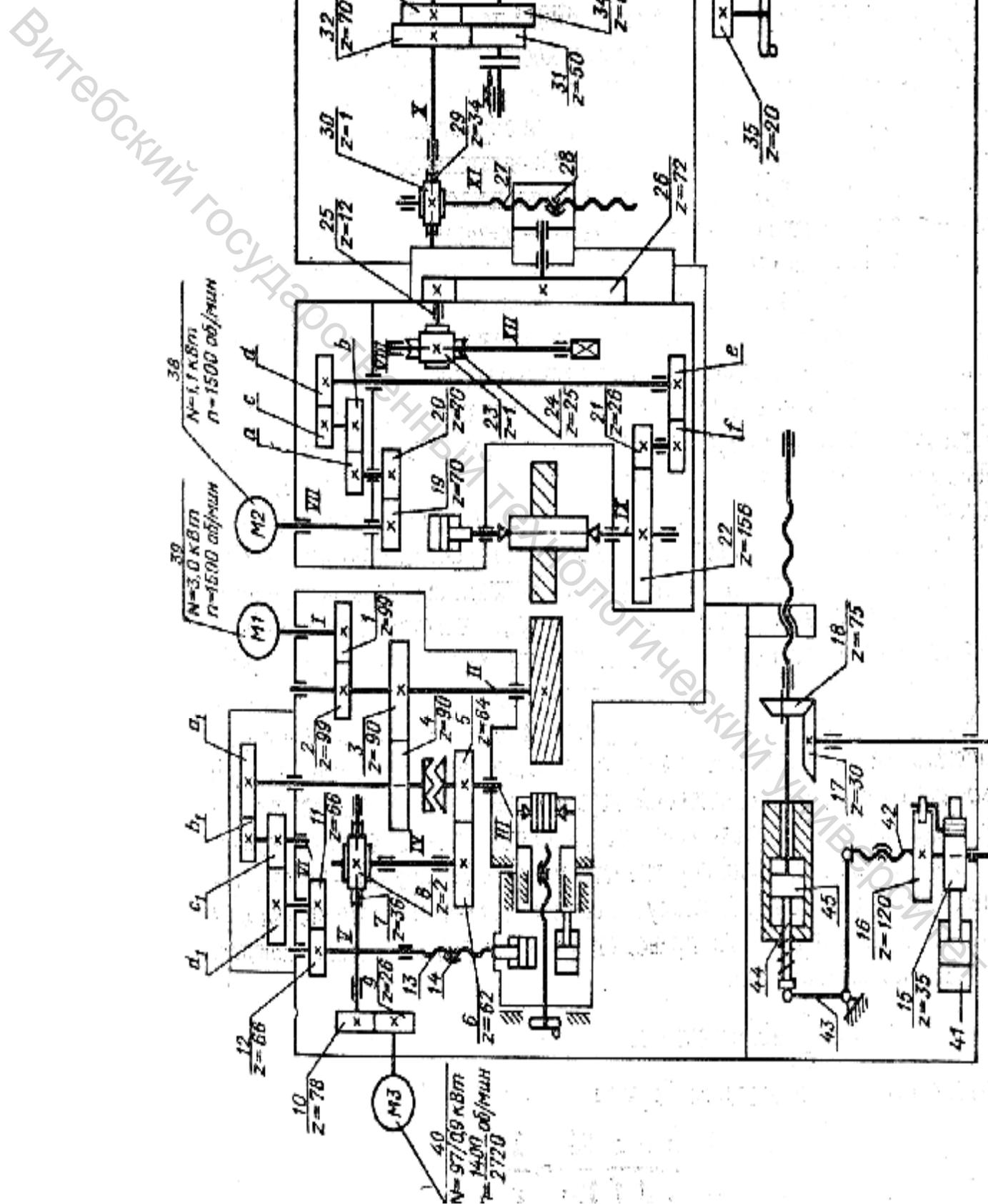


Рис. 47 Кинематическая схема станка мод. 5B832

Расчетные перемещения этой цепи:

$$1 \text{ об. червяка} \rightarrow \frac{pm_n}{\cos b} \text{ шаг абразивного червяка,} \quad (6.36)$$

Уравнение кинематического баланса

$$1 \frac{90}{90} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{66}{66} 2p = \frac{pm_n}{\cos b} \quad (6.37)$$

где b - угол подъема винтовой линии круга; $2p$; - шаг винта 13. Формула настройки цепи

$$\frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} = \frac{m_n}{2 \cos b}$$

где m_n — нормальный модуль шестерни.

Цепь вертикальной подачи сообщает возвратно-поступательное движение суппорту изделия. При этом применен бесступенчатый привод с муфтой скольжения с регулированием через тахогенератор. Исполнительным звеном перемещения каретки с суппортом является пара винт—гайка 27,28. Для увеличения диапазона регулирования подачи между приводом 37 червячной передачи 30-29 и винтом и гайкой имеется двухступенчатый зубчатый перебор 31—32, 33—34, переключаемый двумя электромагнитными муфтами.

Цепь радиальной подачи осуществляет радиальную подачу бабки шлифовального круга на изделие за каждый ход последнего и отвод бабки после окончания шлифования. Цепь состоит из храпового механизма 16 и гидравлической следящей системы. Качательное движение собачки храпового механизма сообщается гидроцилиндром 41 через реечную передачу 15. Вращение храпового колеса преобразуется в поступательное движение винта 42, который нажимает на рычаг 43, а последний перемещает следящий золотник 44, в результате чего поршень 45 перемещает шлифовальную бабку на величину радиальной подачи. Установка радиальной подачи производится специальным лимбом.

6.7. Станки для нарезания конических колес с прямым зубом.

Конические зубчатые колеса широко распространены в машиностроении для передачи движения между пересекающимися и скрещивающимися осями. Форма зубьев конического колеса по длине может быть прямолинейной или криволинейной, наклоненной к образующей начального конуса под углом. Из криволинейных зубьев чаще всего применяют круговой, так как его проще нарезать; кроме того, круговой зуб с углом наклона на малом диаметре колеса $\beta = 0$ воспринимает меньшее осевое давление.

Схема зубострогания. Обработка зубьев конических колес на зубострогальных станках, работающих по методу обката, теоретически основана на представлении о производящем колесе - воображаемом плоском коническом колесе, с которым обкатывается в процессе обработки заготовка. Характерным для плоского колеса является величина угла при вершине начального конуса $2\varphi_0 = 180^\circ$ (рис. 48,а), благодаря которой дополнительный конус превращается в цилиндр с осью zz и образующей ab . При развертке цилиндра на плоскость зубья колеса образуют прямобочную зубчатую рейку.

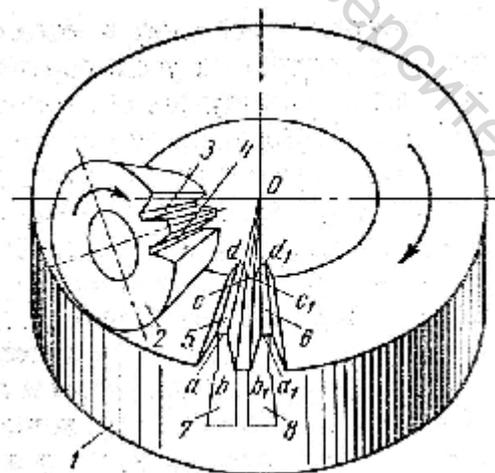
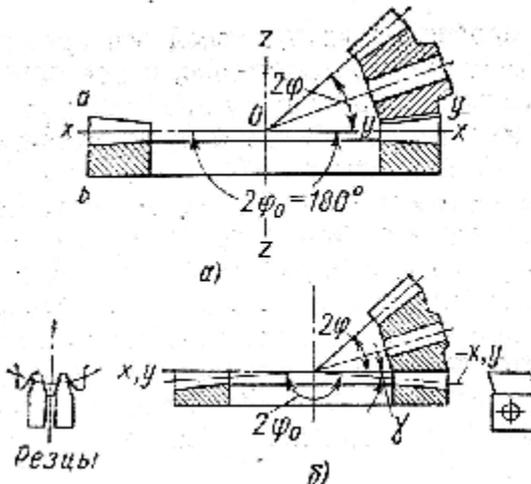


Рис. 48 Схема зубострогания.

Рис.49 Процесс формообразования при зубострогании.

Процесс формообразования зубьев на заготовке можно представить себе так (рис. 49). Предположим, что заготовка выполнена из идеального пластичного материала. Если ее перекачивать без скольжения по стальному коническому плоскому (производящему) колесу, то зубья последнего на поверхности заготовки формируют впадины. После одного оборота заготовки вокруг своей оси образуется зубчатый венец, зубья которого будут счерчены по октоидальному профилю, который мало отличается от принятого эвольвентного профиля и вполне удовлетворяет практическим требованиям. То же самое произойдет и в случае, если, не перекачивая заготовку, заставить вместе с ней вращаться производящее колесо (как показано на рисунке). Вращение заготовки и производящего колеса должно быть кинематически связано и происходить без скольжения по начальным конусам. В данном случае, имея в виду плоское коническое колесо ($2\varphi_0 = 180^\circ$), начальный конус нарезаемого колеса должен катиться по начальной плоскости xh (см. рис. 48,а).

Оставим на производящем колесе / только два зуба (рис. 49). Сообщим заготовке 2 и производящему колесу вращение, в направлении стрелок. После того как заготовка перекатится через два зуба, реверсируем вращение и возвращаем оба колеса в исходное положение? В результате описанных перемещений два зуба производящего колеса образуют на заготовке две впадины: зуб 5 - впадину 4, зуб 6 - впадину 3. Таким образом, будет получен первый зуб на заготовке.

Повернем заготовку в исходном положении вокруг своей оси против часовой стрелки на угол, соответствующий шагу зацепления, и повторим весь цикл предыдущих обкаточных движений. Тогда зуб 5 образует на заготовке новую, впадину (на рисунке не показана), а зуб 6 будет входить в контакт с уже имеющейся впадиной 4. В результате второго цикла движений получим второй зуб на заготовке, и так далее, до тех пор, пока не будут образованы все зубья. Итак, процесс формообразования зубьев совершается в результате ряда чередующихся циклов движений. Каждый же цикл состоит из обкаточного движения производящего колеса заготовки, в процессе которого зубья колеса внедряются в материал заготовки, образуя впадины; реверсирования и обкаточного движения в обратном направлении; движения деления в конце обратного хода, когда заготовка поворачивается на один зуб. Зубья 5 и 6 производящего колеса заменяют двумя резцами 7 и 8.

Резцы попеременно совершают прямолинейное возвратно-поступательное движение в радиальном направлении. Режущие кромки ab и a_1b_1 в своем поступательном движении в плоскостях $abcd$ и $a_1b_1c_1d_1$ образуют впадину производящего колеса. Поэтому, если наряду с прямолинейным перемещением сообщить резцам вращение вместе с производящим колесом вокруг точки O , то в обкаточном движении они, врезаясь в заготовку, выстрагивают впадины. Режущие кромки ab и a_1b_1 в своем относительном движении огибают боковые поверхности зуба нарезаемого колеса. Поскольку толщина резцов меньше толщины зуба производящего колеса, впадины 3 и 4 при первом контакте с резцами не будут иметь полной ширины. Таким, образом, при обработке зубьев прямозубых конических колес необходимо осуществлять следующие движения: главное движение — прямолинейное возвратно-поступательное перемещение резцов; движение обкатки — вращение заготовки и производящего колеса (резцов); движение деления — поворот заготовки в конце обратного хода.

Чтобы строгать впадины, нужно вершины резцов перемещать в радиальном направлении вдоль образующей uu дна впадины (см. рис. 48а). Однако для создания более простой конструкции станка в практике допускают отступление: образующую uu дна впадины совмещают с плоскостью xh , перпендикулярной к оси вращения производящего колеса, и вершины резцов перемещаются в этой плоскости (см. рис. 48,б). В связи с этим угол $2\varphi_0$ при вершине начального конуса производящего колеса будет меньше 180° . Из схемы следует, что $2\varphi_0 = 180^\circ - 2\gamma$, где γ — угол ножки нарезаемого колеса.

Если через z обозначить число зубьев нарезаемого колеса, а через z_n - число зубьев производящего колеса, то на основании известных зависимостей, для конических зубчатых колес можно написать

$$\frac{z}{z_n} = \frac{\sin j}{\sin j_0} = \frac{\sin j}{\sin(90 - g)} = \frac{\sin j}{\cos g} \quad (6.38)$$

отсюда число зубьев производящего колеса

$$z_n = \frac{z \cos g}{\sin j}$$

Так как угол γ мал, то $\cos \gamma \approx 1$. Поэтому можно принять

$$z_n = z / \sin \varphi.$$

Кинематическая структура станка нарезания прямозубого конического колеса по методу обкатки состоит из двух формообразующих групп. Одна группа обеспечивает движение качения B_1 и B_2 (рис. 50) заготовки 1 по плоскому колесу, вторая - образование формы зуба по длине (B_1). Если резцу 2 , размещенному на люльке 3 станка, сообщить прямолинейное возвратно-поступательное движение (от кривошипа 4) по образующей конус заготовки, то на нарезаемом коническом колесе получится прямой зуб.

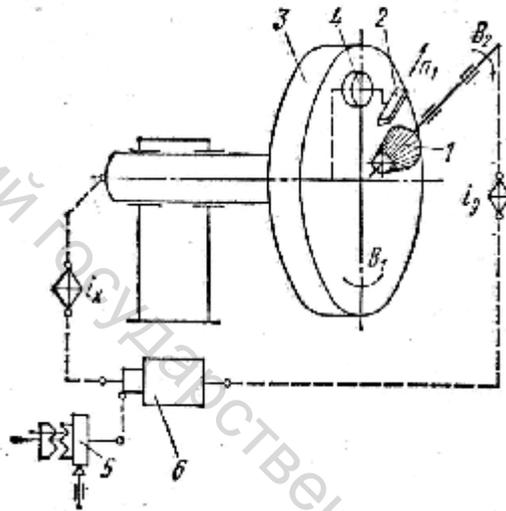


Рис. 50 Кинематическая структура зубострогального станка.

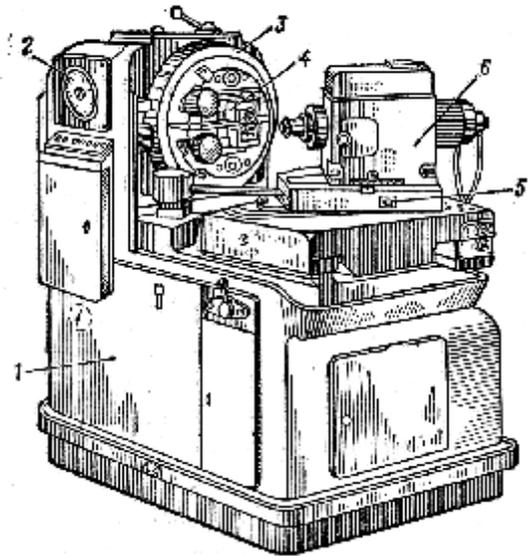


Рис. 51 Компановка зубострогального станка.

Для обеспечения согласованного движения люльки и заготовки в ней предусмотрен узел настройки i_x . Цепь деления имеет орган настройки i_y . За один цикл работы станка нарезается один зуб. Последовательность движений в каждом цикле будет следующей: а) рабочий ход — люлька 3 поворачивается по стрелке B_1 на угол θ заготовка получает движение B_2 , а резцы — $П_1$; обрабатывается один зуб; б) холостой ход — люлька вращается в обратном направлении и возвращается в исходное положение; заготовка отводится от резцов, чтобы при обратном ходе они ее не задевали; в) делительный процесс — в конце холостого хода при помощи делительного диска 5 и суммирующего механизма 6 заготовка поворачивается на z_i зубьев.

Зубострогальный полуавтомат мод. 5Т23В для обработки прямозубых конических колес. Станок предназначен для нарезания прямозубых конических колес диаметром до 125 мм и модулем до 1,5 мм методом обкат*

На станине 1 (рис. 51) слева располагается стойка люльки 2 с планшайбой 3 , в радиальных направляющих которой находятся каретки 4 с резцами. Каретки с резцами попеременно совершают возвратно-поступательное движение навстречу друг другу. Планшайба 3 смонтирована в круговых направляющих и при обкатке вращается вокруг горизонтальной оси, имитируя производящее колесо. В продольных направляющих станины смонтирован стол 5 , несущий бабку 6 изделия. На оправку ее шпинделя насаживают нарезаемую заготовку и закрепляют с помощью гидрозажима. Делительная бабка 6 может поворачиваться вокруг вертикальной оси для установки оси шпинделя (заготовки) под углом φ_0 к оси планшайбы (производящего колеса).

Рабочий цикл станка. При нажмие на пусковую кнопку происходит подвод резцов и включается движение суппортов, изделия и качение люльки. Два последних движения составляют обкатное движение, необходимое для образования профиля зуба.

После окончания обкатки зуба резцы отводятся назад, а люлька начинает быстро поворачиваться в обратную сторону. При этом изделие продолжает вращаться в ту же сторону, что и при рабочем ходе. По окончании обратного поворота люльки цикл повторяется. Поскольку за время обратного хода люльки изделие продолжает вращаться вперед, то к мо-

менту начала следующего цикла будет пропущено определенное число зубьев z_i , не имеющее общего множителя с числом зубьев нарезаемого колеса. Поэтому при повторении цикла столько раз, сколько зубьев в нарезаемом колесе, произойдет нарезание всех зубьев.

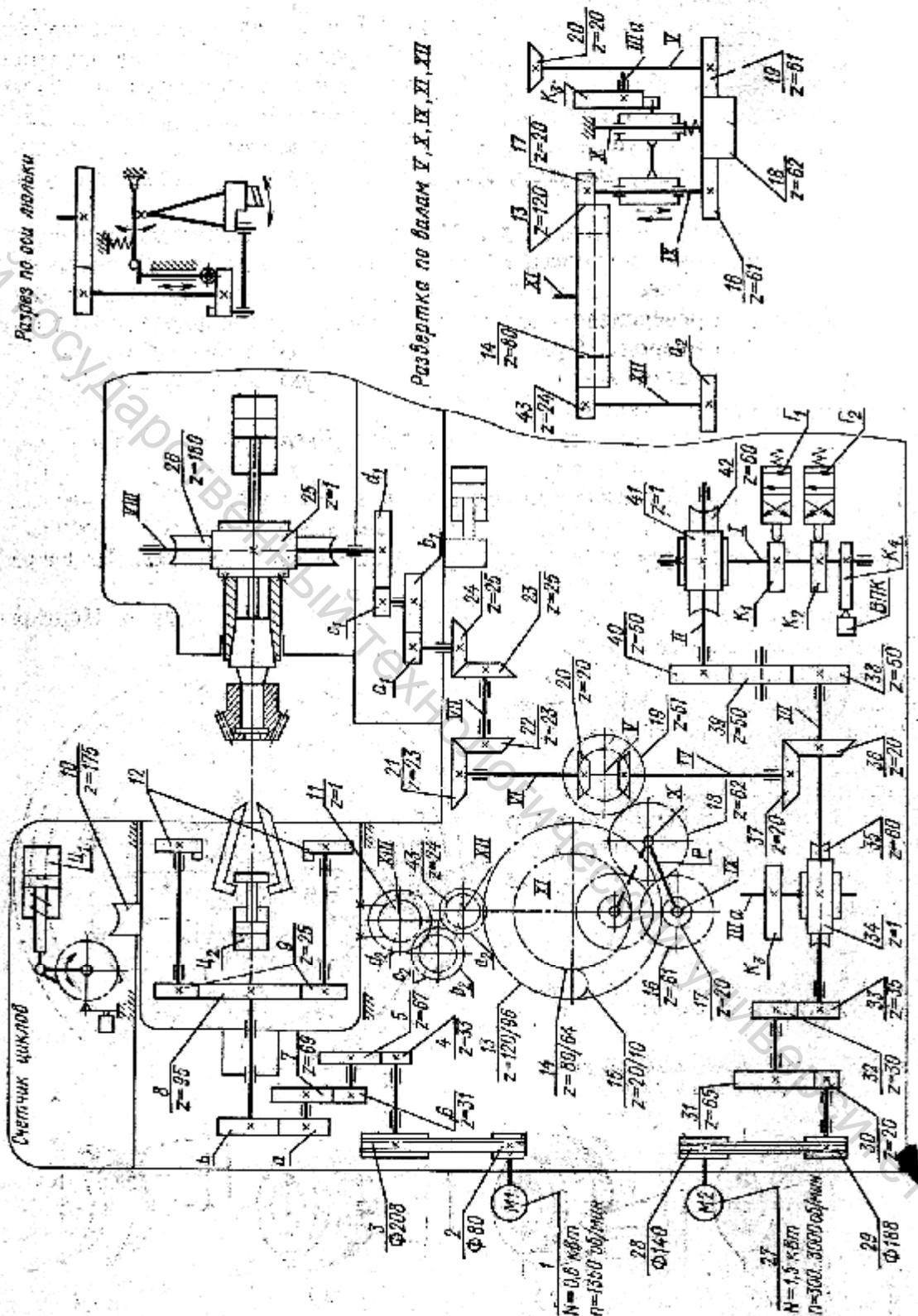


Рис. 52 Кинематика станка мод. 5Т23В.

Рассмотрим основные кинематические цепи станка (рис. 52).

Привод главного движения. Движение от электродвигателя 1 передается через клиноременную передачу 2-3, зубчатые колеса 4—5—6—7 и далее через сменные колеса a — b зубчатому колесу 8, сидящему на центральном валу люльки. Далее движение передается через

колесо 9 кривошипным диском 12, от которых при помощи шатуна получают качательное движение резцовые суппорты.

Резцовые суппорты должны быть установлены на угол конусности впадины зуба, вычисленный по формуле

$$w = 28.65 \frac{s_B - 0.728h_n}{L_e} \quad (6.39)$$

где s_B - ширина впадины зуба на начальной окружности, равная толщине зуба колеса, сцепляющегося с нарезаемым, h_n - высота ножки зуба; L_e - длина образующей делительного конуса.

Привод подачи. Движение подачи от электродвигателя 27 (см. рис. 52) постоянного тока через клиноременную передачу 28—29, зубчатые колеса 30- 31, 32-33, 38-39-40 и червячную пару 41 -42 передается распределительному валу /, который делает один оборот за время нарезания одного зуба. На распределительном валу сидят четыре кулачка. Один из них предназначен для нарезания при комбинированном резании K_3 , два других служат для переключения золотников цилиндров (K_1 и K_2). отвода резцов и счетчика циклов, а четвертый (K_4) действует на путевой выключатель, дающий команду на рабочую и ускоренную частоту вращения электродвигателя 27.

Вращение заготовки. От вала III через зубчатые конические передачи 36—37, 21—22, 23—24 движение передается на гитару деления и через сменные колеса a_1-b_1 , c_1-d_1 и делительную червячную передачу 25—26 шпинделю бабки изделия. Шпиндель вращается непрерывно в одну сторону, а люлька, несущая инструмент, совершает возвратно-вращательное движение (качение) на угол, необходимый для обработки впадины зуба.

Привод качения люльки. С вала V вращение передается через зубчатые цилиндрические колеса 19, 18 и 16 ведущему колесу 17 реверсивного механизма. Колесо 17 зацепляется попеременно с наружным и внутренним венцами реверсивного колеса 13, заставляя его вращаться то в одну, то в другую сторону. При этом через ведомое зубчатое колесо 43, колеса гитары обкатки a_2-B_2 , c_2-d_2 в червячную передачу 11-~10 осуществляется качение люльки.

На рис. 53 показана схема образования зубьев на станке, а на рис. 54 — схема поворота люльки /, где показано три положения кареток 2 с резцами 3 соответственно положениям a , b , c на рис. 53. Положение a является исходным; положение c — конечным. Следовательно, в процессе обкатки люлька поворачивается от горизонтального положения 00 вверх на угол θ_1 и вниз на угол θ_2 .

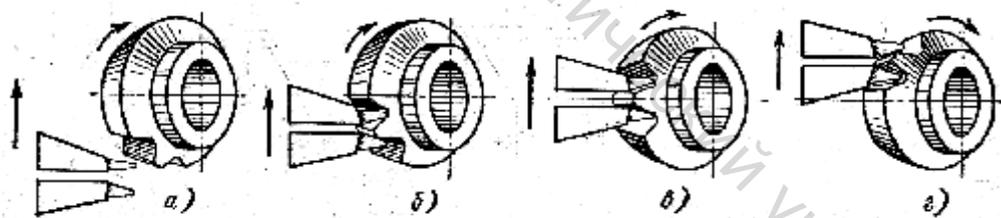


Рис. 53 Схема образования зубьев при строгании.

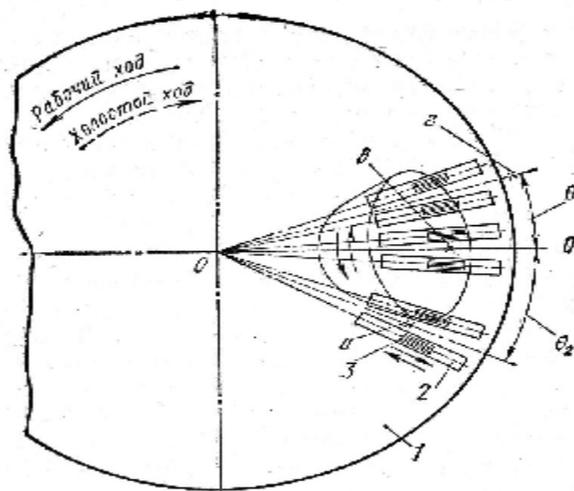


Рис. 54 Схема формообразующих движений.

Реверсивное колесо 13 (см. рис. 52) состоит из двух участков. Первый участок целый, кольцеобразный, с наружным венцом $z_n = 120$ зубьев и внутренним $z_B = 80$ -зубьев. Второй участок составной, подковообразный. Зубья наружного 13 и внутреннего 14 венцов служат продолжением зубьев первого участка и соединяются между собой полушестернями 15, образуя подкову.

Вал IX ведущего колеса находится на рычаге, который может поворачиваться относительно оси X и перемещаться вдоль нее для осуществления необходимого зацепления с реверсивным колесом.

Зубчатое колесо 17 во время рабочего хода зацепляется с наружным венцом $z = 120$ реверсивного колеса и, после того, как это колесо совершит пять полных оборотов, перемещается вдоль зуба под действием кулачка K_3 на валу IIIa, входя в зацепление с составным участком. Затем по полушестерне 15 зубчатое колесо 17 входит в зацепление с внутренним венцом 14 и, наконец, перемещаясь вдоль зуба,—с его целым участком.

После того как реверсивное колесо сделает пять оборотов в обратную сторону (холостой ход), зубчатое колесо 17 перемещается вдоль зуба на составной участок и по полушестерне 15 — на его наружный венец 13. Затем колесо 17 перемещается вдоль зуба на наружный венец целого участка реверсивного колеса, и цикл начинается снова.

Частота вращения за цикл ведущего колеса 17 реверсивного механизма определяется по формуле

$$n_{17} = \frac{z_n}{z_{17}} n_{px} + \frac{z_B}{z_{17}} n_{xx} + \frac{z_{13} + z_{14} + z_{15}}{z_{17}} + 1, \quad (6.40)$$

где z_n, z_B — полное число зубьев соответственно наружного и внутреннего венцов; z_{13}, z_{14}, z_{15} — число зубьев соответственно наружного, внутреннего венцов и переходной полушестерни подковы; n_{px}, n_{xx} — полное число оборотов реверсивного колеса во время рабочего и холостого ходов. В числовом выражении получим

$$n_{17} = \frac{120}{20} \cdot 5 + \frac{80}{20} \cdot 5 + \frac{96 + 64 + 20}{20} + 1 = 60 \text{ об/цикл}$$

Таким образом, за один цикл обработки ведущая шестерня реверсивного колеса 17 совершает 60 оборотов.

Полуавтоматический цикл работы станка. При нажатии на кнопку «Пуск» включаются электродвигатели 1 и 27 (см. рис. 52). По окончании обработки зуба кулачок K_1 , установленный на распределительном валу I, нажимает на золотник G_1 . Происходит подача масла в правую полость цилиндра C_2 , и резцы отводятся. Одновременно кулачок K_2 нажимает на золотник G_2 . Масло поступает в правую полость цилиндра C_1 счетчика циклов, и он срабатывает. После этого кулачок K_1 на распределительном валу IIIa переведет рычаг P реверсивного механизма вниз. Зубчатое колесо 17 войдет в зацепление с наружным венцом 13 составного подковообразного участка, и, как только пройдет полушестерню 15 (начало обратного хода люльки) и войдет в зацепление с внутренним венцом 14 подковообразного участка, кулачок K_3 переведет колесо 17 в зацепление с внутренним венцом 14 целого участка колеса 13, а кулачок K_4 нажмет на ВПК и переключит электродвигатель 27 на 2000 об/мин — начнется ускоренный ход люльки.

В конце холостого хода кулачок K_4 нажимает на ВПК и переключит электродвигатель 27 на частоту вращения, устанавливаемую потенциометром. Одновременно кулачок K_3 переведет рычаг P вниз и введет колесо 17 в зацепление с внутренним венцом 14 подковообразного участка. После прохождения полушестерни 15 (начало прямого хода люльки) она войдет в зацепление с наружным венцом 13 подковообразного участка. Затем кулачок K_3 переведет колесо 17 в зацепление с наружным венцом 13 целого участка реверсивного колеса. Одновременно кулачок K_3 отпустит золотник G_1 . Произойдет подача масла в левую полость цилиндра C_2 , и резцы будут подведены. После этого начнется новый цикл.

Гидропривод служит для подвода, отвода, зажима и отжима изделия, отводов резцов, управления счетчиком циклов, охлаждения инструмента и смазки станка.

Настройка зубострогального станка. Исходными данными для расчета настройки станка на обработку прямозубых конических колес являются наибольший модуль m , число зубьев нарезаемого z и сопряженного z_c колес, длина зуба, угол зацепления, материал заготовки. На этой основе определяют все остальные параметры нарезаемого колеса, необходимые для кинематической настройки станка.

Настройка цепи главного движения. Число двойных ходов резцов определяется из следующей кинематической цепи:

n электродвигателя • i цепи от электродвигателя до кривошипа $I2 = n$ дв. ходов;

$$1350 \frac{80}{208} \cdot 0,98 \frac{33}{67} \frac{31}{69} \frac{a}{b} \frac{95}{25} = n \text{ дв. ходов в минуту} \quad (6.41)$$

Число двойных ходов в минуту определяется

$$n \text{ дв. ходов} = \frac{u \cdot 1000}{2h}$$

где u — скорость резания, м/мин; h — длина хода ($h = b + 2 \div 3$ мм). В паспорте станка имеется таблица для выбора сменных колес $a — b$ по значению числа двойных ходов в минуту. К станку прилагается восемь сменных колес $a — b$, установка которых позволяет получить семь различных чисел двойных ходов в минуту.

Настройка цепи деления. Шпиндель изделия во время работы станка непрерывно вращается в одном направлении. Это движение берет начало от распределительного вала / и передается на червячное колесо 26 см. рис. 52). За время, пока планшайба по окончании обработки очередной впадины зуба не вернется в исходное положение, заготовка повернется на z_i z оборота, и уравнение кинематического баланса примет вид

$$1 \frac{60}{1} \frac{50}{50} \frac{20}{20} \frac{23}{23} \frac{25}{25} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{1}{180} = \frac{z}{z_i} \quad (6.42)$$

Настройка гитары обката. Цепь обката связывает вращение люльки и заготовки:

$$\frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} = \frac{3z_i}{z}$$

получим формулу настройки

$$n_n \frac{175}{1} \frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} \frac{24}{120} \frac{120}{20} \frac{61}{62} \frac{62}{20} \frac{23}{23} \frac{25}{25} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{1}{180} = n_{заг}$$

$$\text{заменяя } \frac{n_n}{n_{заг}} = \frac{z}{z_n} u \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} = \frac{3z_i}{z}$$

получим формулу настройки

$$\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} = \frac{3,5z_i}{z_n}$$

где z_n - число зубьев производящего колеса.

Настройка цепи подачи. Движение подачи от электродвигателя 27 с изменяющейся частотой вращения от 300 до 3000 об/мин передается на распределительный вал /, который за время обработки одного зуба нарезаемого колеса делает один оборот. Для настройки необходимого времени никла вращают рукоятку потенциометра до тех пор, пока тахометр не покажет частоту вращения, соответствующую заданному рабочему времени t_p (на зуб) в карте наладки. Таблица соответствия частоты вращения электродвигателя подачи (п об/мин) рабочему времени цикла t_p имеется в паспорте станка. Эта зависимость выражается формулой

$$t_p = 10650/n \text{ с} \quad (6.43)$$

. Уравнение кинематической цепи, связывающей частоты вращения электродвигателя 21 и распределительного вала /,

$$n_{эл} \frac{140}{188} \frac{20}{65} \frac{30}{35} \frac{50}{50} \frac{1}{60} t_p = 1 \text{ оборот} \quad (6.44)$$

Фрезерование зубьев. Кроме строгания, прямозубые конические колеса нарезают двумя дисковыми фрезами со вставными резцами по методу огибания (рис. 55,А). Профиль режущей кромки резцов прямолинейный, режущая кромка направлена перпендикулярно оси фрезы или расположена под углом 5 к этому направлению (рис. 55,б). В первом случае зубья получаются конические, прямолинейные, во втором — бочкообразные.

Данный способ основан на том, что вместо двух строгальных резцов, перемещающихся возвратно-поступательно, устанавливают две дисковые фрезы, которые во время обработки получают вращательное движение (главное). Обе фрезы прорезают одну впадину одно-

временно. Их устанавливают так, что резцы одной из них попадают в промежутки между резцами другой и не задевают друг друга при вращении (рис. 55,в). Поскольку фрезы в процессе обработки не перемещаются вдоль зуба, то дно нарезаемой впадины приобретает вогнутую поверхность (рис. 55,г).

Фрезерование конических прямозубых колес в 3 — 5 раз производительнее, чем зубострогание. Наша станкостроительная промышленность выпускает станки из унифицированных узлов, работающие по указанному методу (мод. 5230).

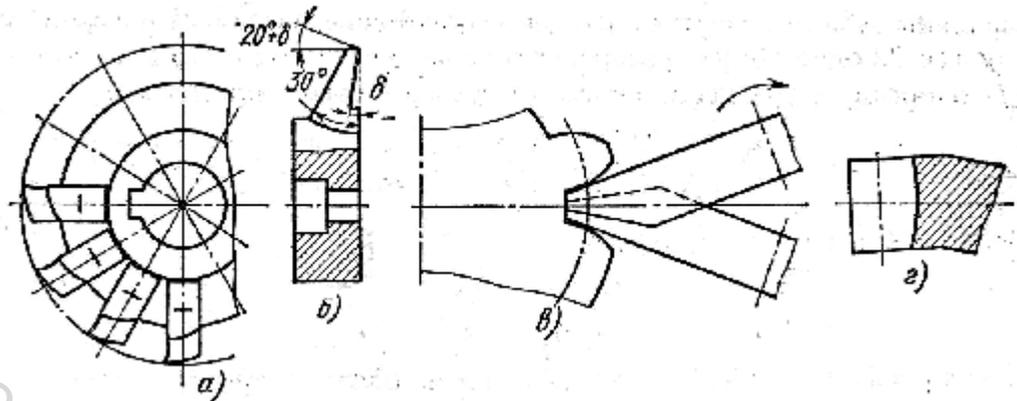


Рис. 55 Схема фрезерования прямозубых конических колес.

6.8. Станки для нарезания конических колес с круговыми зубьями.

При обработке конических колес с круговыми зубьями в качестве приводящего колеса принимают плоское колесо 1 (рис. 56) с дугowymi зубьями радиуса r . Заготовка 2 в процессе обработки обкатывается с производящим колесом, зубья которого воспроизводятся резцовой головкой 3, вращающейся вокруг точки O_1 . Профиль резцов соответствует профилю зубьев производящего колеса. Проходя на участке AA_1 , они имитируют дин зуб.

При обработке колес с круговыми зубьями необходимо осуществить следующие формообразующие движения: главное движение — вращение резцовой головки вокруг точки O_1 ; движение обката — согласованное вращение люльки (производящего колеса) и заготовки; движение деления — поворот заготовки на обработку следующего зуба.

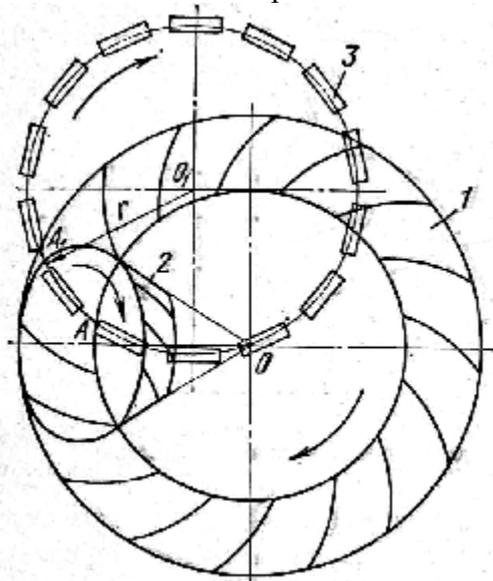


Рис. 56 Схема нарезания кругового зуба конического колеса.

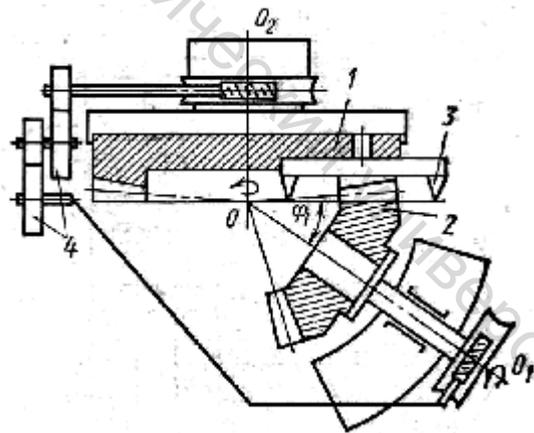


Рис. 57 Кинематическая структура для нарезания зубьев.

Согласованность вращения люльки 1 (рис. 57) и заготовки 2 достигается сменными колесами 4, рассчитываемыми в зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса. Вершины резцов 3 должны передвигаться по образующей внутреннего конуса нарезаемого колеса; для этого колеса необходимо установить под углом φ_i внутреннего конуса к плоскости, в которой передвигаются вершины резцов.

Заготовка должна быть установлена относительно центра станка в правильное положение. Центром станка называется точка, в которой пересекаются горизонтальная ось OO_2

люльки, ось OO_1 шпинделя бабки и вертикальная ось O поворотного стола. Через центр стола должна проходить плоскость, в которой передвигаются вершины резцов головки, и с центром стола должна совпадать вершина начального производящего конуса нарезаемого колеса.

Резцовая головка (рис. 58,а) выполняется в виде диска с пазами, в которые вставляют и крепят резцы перпендикулярно торцовой плоскости диска. Резцы бывают наружные (рис. 58,б) и внутренние (рис. 58,в). Кроме того, резцы подразделяются на праворежущие и леворежущие, отличающиеся только расположением режущих кромок.

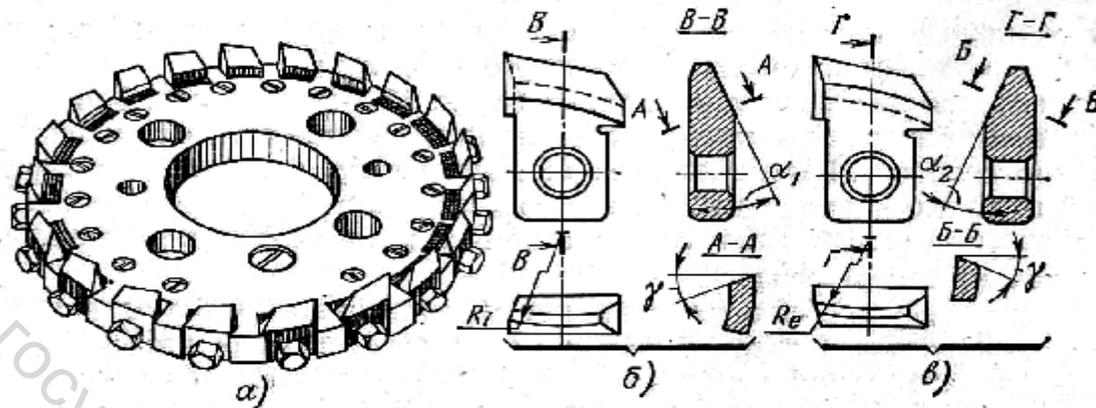


Рис. 58 Резцовая головка.

Зуборезный полуавтомат мод. 5С280П класса точности П предназначен для чернового и чистового нарезания конических и гипоидных колес с круговыми зубьями. Станок имеет следующие конструктивные особенности: число звеньев в кинематической цепи обкатки и главного движения сокращено; реверс люльки осуществляется обычной фрикционной муфтой; подвод стола в зону резания и отвод его на деление осуществляется гидравлически с помощью следящей системы; самостоятельный привод цепи обкатки и управления, независим от привода зуборезной головки; механизм деления имеет гидравлический привод.

Станок работает методами врезания и обкатки. Врезание применяется при черновом нарезании зубчатых колес, а также при чистовом нарезании колес полуобкатных передач; обкатка применяется при чистовом нарезании всех зубчатых колес, кроме полуобкатных ведомых. Обкаточное вращение производящего колеса осуществляет люлька, несущая зуборезную головку. Режущие кромки головки воспроизводят движение боковой поверхности зуба производящего колеса.

Деление осуществляется периодически. По окончании профилирования одной впадины (при нарезании двухсторонним методом) или одной стороны впадины (при нарезании односторонним методом) включается делительный механизм, поворачивающий заготовку на один шаг.

Рабочий цикл станка. При работе по методу врезания червяк 66 люльки отключают от привода подачи, и привод вращает только цепь управления. На валы X VII и X VIII (рис. 59) надевается специальный хомут, удерживающий их от поворота во время деления. Копир подачи 63 через следящую систему начинает перемещать стол. Диск управления 61 поворачивается синхронно с копиром врезания. Так же синхронно поворачивается копир 64 управления переменной подачи. В конце подачи упор на диске управления дает команду на отвод стола с бабкой изделия. В конце отвода стола подаются команды на муфту реверса 70 с рабочего хода на холостой, на цилиндр изменения скорости обкатки, на цилиндр счетчика циклов, на муфту 71 механизма деления. Деление происходит во время обратного вращения цепи управления и заканчивается раньше, чем упор на диске управления дает команду на рабочий ход.

Метод обкатки отличается от метода врезания тем, что червяк люльки подключают к приводу обкатки. С валов XVII и XVIII снимают хомут и вместо него на эти валы устанавливают сменные колеса гитары обкатки, а копир врезания заменяют копиром чистового нарезания. В остальном цикл работы такой же, как и при врезании.

Рассмотрим основные кинематические цепи станка. Главное-движение- вращение зуборезной головки передается от электродвигателя 1 через цилиндрические колеса 2, 3, 4 на сменные колеса $a-b$, а от них через цилиндрические колеса 5, 6, 7, 8 — на вал-шестерню 9,

связанную с колесом внутреннего зацепления 10, которое закреплено на шпинделе зуборезной головки.

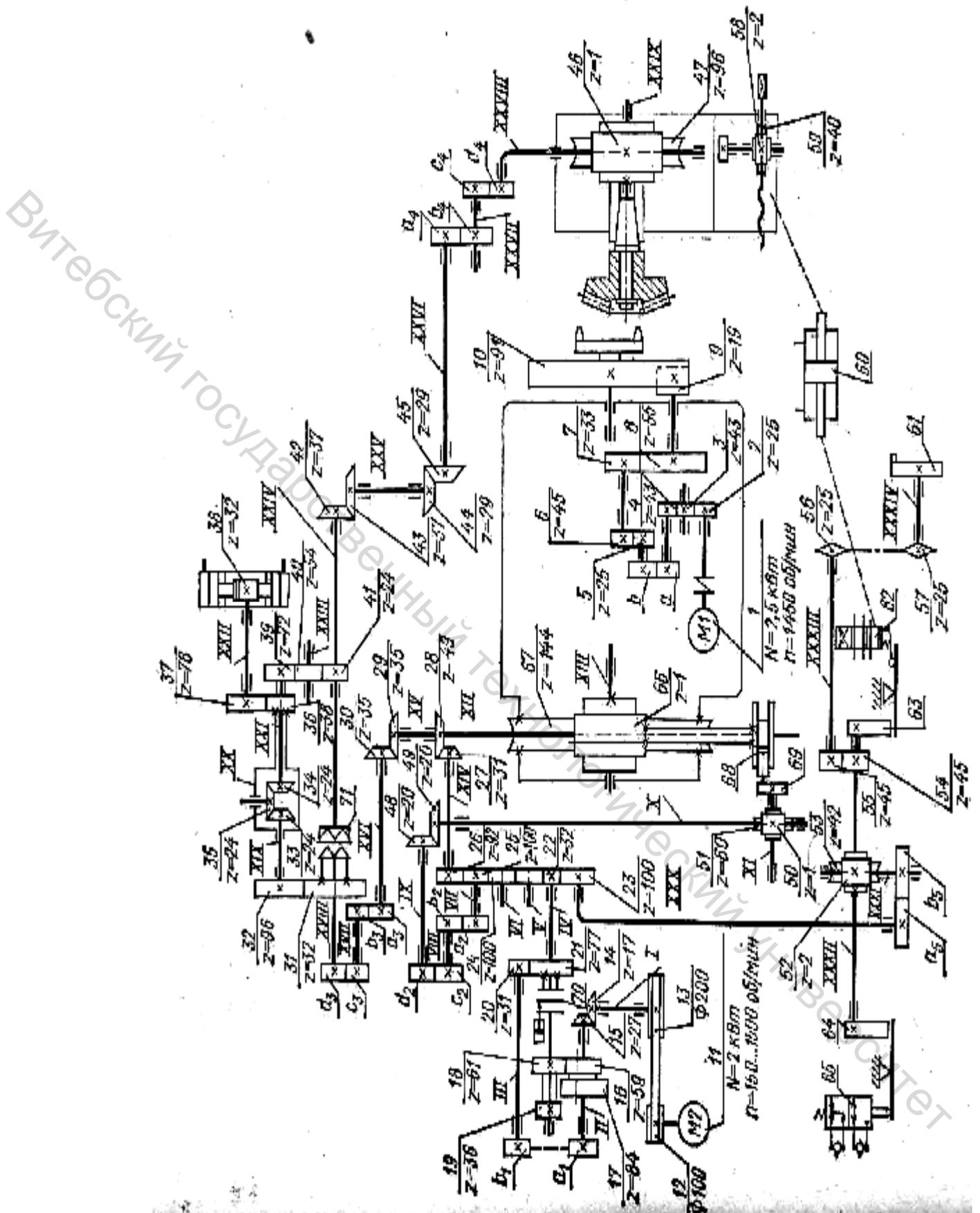


Рис. 59 Полуавтомат мод. 5C280П

Цепь обкатки приводится во вращение электродвигателем // через клиноременную передачу 12—13 на входной вал / коробки подач.

На рабочем ходу вращение от вала // передается через сменные зубчатые колеса $a_1 - b_1$, валу III и далее через колеса 20—21, муфту 70 вала IV, через цилиндрические колеса 22,

24, 25, 26, конические колеса 27, 28, червячную пару 66—67 люльке. От червяка через конические колеса 29—30, сменные Колеса гитары обкатки a_3, b_3, c_3, d_3 , вал XVIII, муфту 71, конические колеса 42, 43, 44, 45, сменные колеса гитары a_4, b_4, c_4, d_4 на червяк 46 и червячное колесо 47.

На замедленном холостом ходу вращение от вала // передается на вал IV через колеса 16—18, а на ускоренном холостом ходу — через колеса 17—19. Дальнейшее движение от вала IV до вала XVIII осуществляется так же как и на рабочем ходу.

Деление происходит во время холостого хода. От гидроцилиндра с рейкой вращение передается колесу 38, далее через колеса 37 — 36 и корпус дифференциала — колесам 35, 34 и валу XXI V. Возврат гидроцилиндра и корпуса дифференциала в исходное положение происходит во время рабочего хода, когда однозубая муфта войдет в зацепление с валом XXI V. От колеса 22, установленного на валу / V коробки подач, вращение передается с колеса 23 на вал XXX, затем через сменные колеса гитары $a_5 - b_5$, червячную передачу 52, 53 — на вал копиров XXXII через колеса 54, 55. вал XXXIII и цепную передачу 56, 5.7 — диску управления 61. От вала VII через сменные колеса гитары $a_2 - b_2, c_2 - d_2$, конические колеса 48 — 49, червячную передачу 50-51 получает вращение диск 60 модификатора с регулируемым эксцентрик. Эксцентрик диска перемещает в осевом направлении гильзу 68, в которой смонтированы опоры червяка люльки. Осуществляемое таким образом перемещение червяка люльки обеспечивает модификацию обкатки.

Настройка полуавтомата. Исходными данными для настройки станка являются число зубьев нарезаемого колеса, материал заготовки, диаметр фрезерной головки, модуль нарезаемой шестерни и все геометрические параметры шестерни.

Настройка гитары цепи главного движения. Эта пень связывает вращение вала электродвигателя / и фрезерной головки:

n об/мин электродвиг. $\rightarrow n_{\phi}$ об/мин фрезерной головки, n об/мин электродвиг. i цепи от электродвиг. до фрезы $= n_{\phi}$ об/мин.

Частота вращения фрезы (об/мин) определяется в зависимости от скорости резания и диаметра фрезерной головки:

$$n_{\phi} = \frac{1000v}{\pi d_{\phi}} \quad (6.45)$$

Уравнение кинематической цепи

$$1450 \frac{25}{43} \frac{a}{b} \frac{25}{45} \frac{33}{55} \frac{19}{91} = n_{\phi} \quad (6.46)$$

откуда

$$a/b = n_{\phi}/57.8$$

Настройка цепи деления. Цепь деления включается в конце отвода стола. Команда на деление подается через плунжер, который выводит из зацепления муфту 71 и в конце своего хода перемещает гидроцилиндр с рейкой, которая вращает колесо 38, а затем через колеса 37, 36 движение получает корпус дифференциала. Колесо 38 поворачивается на 2/3 оборота. Уравнение кинематической цепи

$$2/3 \text{ оборота колеса } 38 \rightarrow 1/z \text{ оборота заготовки;} \quad (6.47)$$

$$2/3 \frac{76}{38} \frac{24}{24} \frac{72}{24} \frac{37}{29} \frac{29}{29} \frac{a_4}{b_4} \frac{c_4}{d_4} \frac{1}{96} = \frac{1}{z}$$

откуда

$$\frac{a_4}{b_4} \frac{c_4}{d_4} = \frac{24}{z}$$

Настройка гитары обкатки. Эта цепь связывает поворот люльки и заготовки. Уравнение кинематической цепи

$$\frac{1}{z_n} \frac{144}{1} \frac{35}{35} \frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} \frac{37}{29} \frac{29}{29} \frac{a_4}{b_4} \frac{c_4}{d_4} \frac{1}{96} = \frac{1}{z} \quad (6.48)$$

Если подставить значение $\frac{a_4}{b_4} \frac{c_4}{d_4} = \frac{24}{z}$, то формула настройки гитары обкатки будет

$$\frac{a_3}{b_3} \frac{c_3}{d_3} \frac{1}{96} = \frac{z_n}{36} = \frac{z}{36 \sin j}$$

z — число нарезаемых зубьев; z_n — число зубьев производящего колеса; φ — угол начального конуса конического колеса.

Цепь подачи. Началом этой цепи является электродвигатель // . В цепи подбирают сменные колеса гитары подач a_1 — b_1 в зависимости от необходимой скорости качения люльки по паспорту станка или по расчету:

$$a_1/b_1 = w_n / 1,65 \quad (6.49)$$

где w_n — угловая скорость качения люльки в град/с при частоте вращения электродвигателя 11 1500 об/мин и угле качения диска управления 61 300° . Угловую скорость качения люльки (град/с) можно определить по формуле

$$w_n = \frac{28,6}{T_{px} i_y}, \quad (6.50)$$

где T_{px} — длительность рабочего хода, с; i_y — передаточное отношение гитары цепи управления.

Для приблизительного выбора угла качения люльки могут быть использованы следующие рекомендации: колеса с углом делительного конуса 45° обычно требуют наибольшего угла обкатки; колеса с углом делительного конуса 45° , имеющие 20 зубьев и угол спирали 30° , требуют угла качения 45° ; среднее значение угла качения люльки для плоских колес равно приблизительно $30-40^\circ$.

Настройка цепи управления. Сменные колеса гитары цепи управления a_5 — b_5 обеспечивают необходимые углы качения люльки, изменяют угловую скорость поворота копиров 63 , 64 и диска управления 61 , в результате чего изменяется подача и длительность цикла.

Кинематическая цепь связывает углы поворота люльки и диска управления 61 :

$$q^\circ \text{ люльк} \cdot i \text{ цепи от люльк до диска управл.} = q^\circ \text{ управл.} \quad (6.51)$$

$$\frac{q^\circ_{\text{л}}}{360} \frac{144}{1} \frac{49}{31} \frac{92}{100} \frac{a_5}{b_5} \frac{2}{42} = \frac{q^\circ_{\text{упр}}}{360}$$

откуда

$$\frac{a_5}{b_5} = \frac{q_{\text{упр}}}{10,5q^\circ_{\text{л}}}$$

где $\theta_{\text{упр}}$, $\theta_{\text{л}}$ — углы поворота диска управления и люльки, град.

Настройка гитары модификатора. Модификатор 69 имеет специальное устройство для установки по нониусу необходимого эксцентриситета. Настройку гитары модификатора a_2 - b_2 , c_2 — d_2 производят по формуле

$$\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} = \sqrt{\frac{K_m}{0,010663E_m}}, \quad (6.52)$$

где K_m — коэффициент модификации — величина, характеризующая доворот люльки $\Delta\theta_{\text{л}}$ вследствие работы модификатора ($\Delta\theta_{\text{л}} = K_m\theta_{\text{д}}$); $E_m = 0 \div 32,5$ мм — расстояние от оси ролика модификатора до оси планшайбы (эксцентриситет модификатора):

$$\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} = \frac{q_p}{q_{\text{л}} 3,68},$$

здесь θ_p , $\theta_{\text{л}}$ — углы поворота соответственно ролика модификатора и люльки. Станок имеет гидравлическую систему, которая приводит в движение механизм деления 72 ; приводит стол в рабочую зону и отводит его в позицию загрузки и деления (60 , 62); реверсирует холостой ход на рабочий. $щ$ обратно с помощью многодисковой муфты 73 ; управляет скоростью привода обкатки 65 ; перемещает червяк люльки при работе с модификатором.

Нарезание конических колес с круговыми зубьями по способу обката характеризуется длительным циклом обработки. Чтобы избежать гранности зубьев и снизить шероховатость

поверхности, приходится увеличивать время огибания. Много времени затрачивается также на холостые ходы станка, отвод инструмента, делительный процесс и др. В массовом производстве зубчатые колеса спирально-конических и гипоидных передач нарезают высокопроизводительным полуобкатным методом. В полуобкатной паре обкаткой нарезается только колесо, имеющее небольшое число зубьев, а большое колесо нарезается торцевой резцовой головкой или круговой протяжкой по методу копирования. Зубья колеса полуобкатной пары имеют поэтому не винтовые, а конические рабочие поверхности, представляющие собой точные копии производящих поверхностей, описываемых режущими кромками резцов торцевой головки или протяжки.

На рис. 60 жирными линиями очерчены профили зубьев полуобкатной пары. Для сравнения тонкими линиями показаны профили зубьев обычной пары, которые нарезаются методом обката. Такие зубья нарезаются на обычных зуборезных станках с коническим или плоским производящим колесом. В последнем случае применяется модификация обката. Поскольку таким методом нарезается только ведущее зубчатое колесо, а ведомое колесо нарезается методом копирования, эти передачи получили название Полуобкатных, а способ нарезания — полуобкатным.

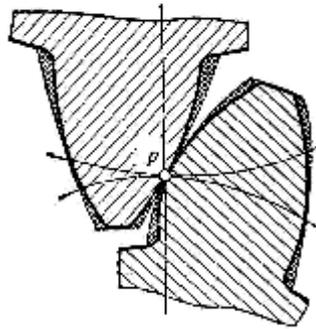


Рис. 60 Схема полуобкатного нарезания зубьев.

6.9. Шлицефрезерные станки.

Шлицефрезерные станки предназначены для фрезерования шлицев на валах. Обработка шлицев осуществляется червячными шлицевыми фрезами по методу обката, аналогично нарезанию зубьев на зубофрезерных станках.

В процессе огибания профиль специальной червячной фрезы образует боковые стороны шлицев и «усики», применяемые при центрировании шлицевого соединения по внутреннему диаметру (рис. 61,а). На рис. 61б изображен профиль шлицевой фрезы, когда центрирование происходит по наружному диаметру. Для получения заданного профиля шлицевого вала необходимо, как и при зубофрезеровании, главное движение — вращение червячной фрезы и движение обката — перемещение фрезы вдоль заготовки.

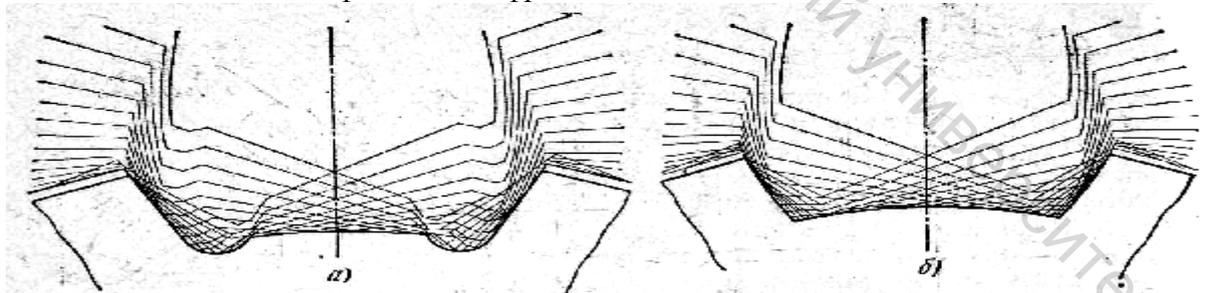


Рис. 61 Схема фрезерования шлица.

На рис. 62 изображена кинематическая схема шлицефрезерного станка, имеющая три основные цепи: главного движения, обката и подачи.

Цепь главного движения - электродвигатель 25, клиноременная передача со сменными шкивами 24 и 23 и передачи 1—2, 3-4. Цепь деления связывает фрезерный шпиндель / V со шпинделем изделия X передачами 4-3, 2-1, 5-6, 7-8, 9-10. сменными колесами гитары деления a - b и c — d червячной передачей 11-12. Цепь подач (связывает шпиндель изделия с винтовой парой 17 —18) — червячная передача 12 — 11, сменные колеса i подач a_1 — b_1 и c_1 — d_1 цилиндрическая передача 13 — 14 и червячная пара 15 — 16. Быстрое вращение ходовой

винт получает от электродвигателя 26 быстрого хода через червячную передачу 15 — 16 при выключенной муфте 29. Вручную ходовой винт вращают через передачу 19 — 20 и 15 — 16. В процессе фрезерования детали сообщается только вращательное движение обката, осевая подача на станке осуществляется поступательным движением вращающегося инструмента.

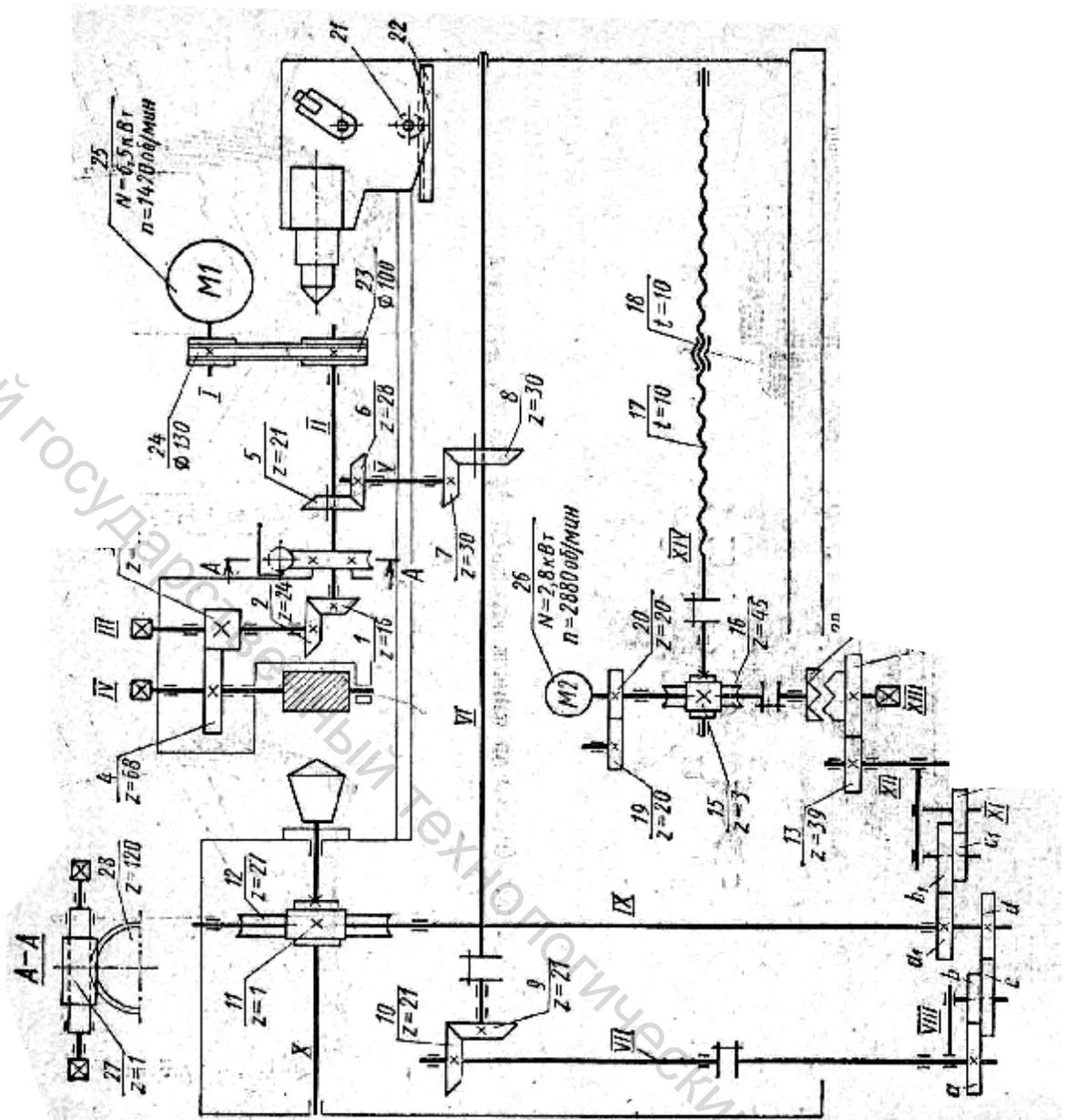


Рис. 62 Кинематическая схема шлицефрезерного станка.

Установка на глубину фрезерования производится перемещением инструмента вручную. Червячная передача 27-28 служит для поворота фрезерной головки на угол спирали инструмента, реечный механизм 21 — 22 — для перемещения задней бабки.

Цепь главного движения настраивается обычным способом. Формула настройки цепи

$$D_{24} / D_{23} = n_{\phi} / C_u \quad (6.53)$$

$C_0 = 232$ - постоянная цепи. Направление вращения фрезы меняется реверсом главного электродвигателя.

При установке сменных колес подачи и деления в первую очередь устанавливают колеса подачи. Величина подачи выбирается по таблицам режимов резания в зависимости от высоты и ширины шлица, обрабатываемого материала, вида обработки и конструкции инструмента. Если выбранная подача не совпадает с табличной, то необходимо подобрать ближайшую. Уравнение кинематической цепи подачи

$$1 \text{ об. шп.} \cdot \frac{27 a_1 c_1 d_1 39 3}{1 b_1 d_1 e_1 39 45} 10 = s \text{ мм/об} \quad (6.54)$$

Формула настройки

$$\frac{a_1 c_1 d_1}{b_1 d_1 e_1} = \frac{s}{C_s}$$

где s - подача стола, мм/об; $C_s = 18$ - постоянная пени.

Для изменения направления подачи в набор сменных колес вводится промежуточное колесо.

Сменные колеса обката при фрезеровании прямых шлицев подбирают по уравнению

$$1 \text{ об. шп.} \frac{68}{17} \frac{24}{16} \frac{21}{28} \frac{30}{30} \frac{21}{21} \frac{a}{b} \frac{c}{d} \frac{1}{27} = \frac{z'}{z} \quad (6.55)$$

Формула настройки

$$\frac{a c}{b d} = \frac{6z'}{z}$$

где z — число шлицев; z' — число заходов червячной фрезы.

Для фрезерования винтовых шлицев и зубьев колес производят Бездифференциальную настройку цепи обката. В этом случае сменные колеса гитары деления подбирают по формулам

$$\frac{a c}{b d} = \frac{6z'}{z} \frac{1}{1 \pm s_0/T} \quad (6.56)$$

или

$$\frac{a c}{b d} = \frac{6z'}{z} \frac{1}{1 \pm \frac{s_0 \sin b}{m_n z}}$$

где T , β -шаг и угол наклона винтовой линии; m_n — нормальный модуль фрезеруемых колес; s_0 — подача, мм/об.

7. Токарно-затыловочные станки.

Токарно-затыловочные станки предназначены для обработки задних поверхностей зубьев инструментов: цилиндрических, червячных, дисковых и пазовых фрез, а также метчиков с прямыми и винтовыми канавками. Затылование производится по архимедовой спирали. Такой профиль зуба инструмента применяется только для фасонных фрез.

Затылование производится в результате сложения двух движений (рис. 63, а): вращательного движения детали и возвратно-поступательного движения режущего инструмента к детали. При вращении детали 1 режущий инструмент 2 на участке зуба поступательно перемещается к центру детали на величину h (падение затылка) и срезает стружку. Когда режущий инструмент достигает конца зуба, за которым начинается стружечная канавка, он быстро отходит в исходное положение. При дальнейшем вращении детали эти движения режущего инструмента повторяются. Количество таких возвратно-поступательных движений на один оборот детали равно числу его зубьев.

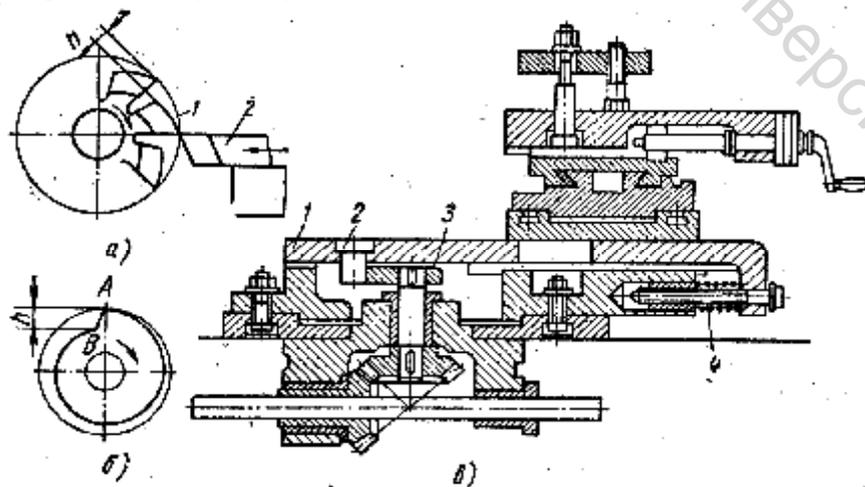


Рис. 63 Схема затылования.

Возвратно-поступательное движение инструмента осуществляется от кулачка (рис. 63, б), который установлен в специальном суппорте (рис. 63, в). Подвижная часть суппорта / с пальцем 2 прижимается к кулачку 3 под действием пружины 4. Движение подвижной части суппорта / вперед сопровождается сжатием пружины 4, которое происходит под действием рабочей кривой *BA* вращающегося кулачка, а возврат в исходное положение — под действием пружины по кривой кулачка *AB*.

В зависимости от направления движения режущего инструмента относительно оси, детали различают три вида затылования: радиальное (рис. 64, а), косое (рис. 64, б) и торцовое (рис. 64, в). В зависимости от формы и размеров затылуемых фрез применяются различные методы работы. Например, узкие дисковые фрезы обычно обрабатываются фасонными резцами методом поперечной подачи (рис. 65, а). Длинные детали цилиндрической формы, а также имеющие фасонный профиль затылуют продольной подачей резца, при этом затылок зубьев снимается за один или несколько проходов (рис. 65, б).

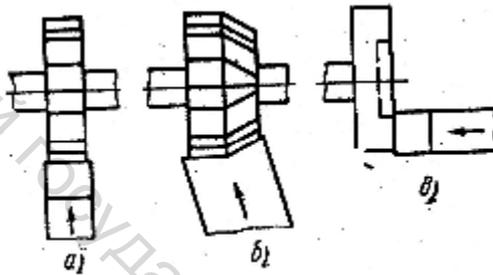


Рис. 64 Виды затылования

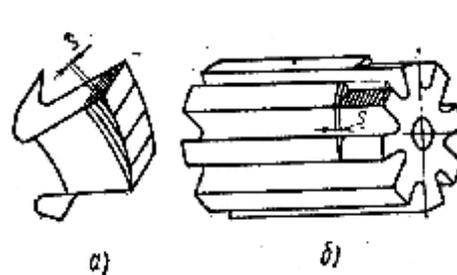


Рис. 65 Методы работы при затыловании

В универсальных затыловочных станках осуществляются следующие основные движения (рис. 66): главное, обеспечивающее вращение детали (скоростная цепь); затыловочные движения (делительные) режущего инструмента, обеспечивающие снятие затылков зубьев; продольное перемещение суппорта от ходового винта, обеспечивающее подачу на шаг винторезной канавки; дополнительные движения, необходимые для затылования деталей со спиральным зубом.

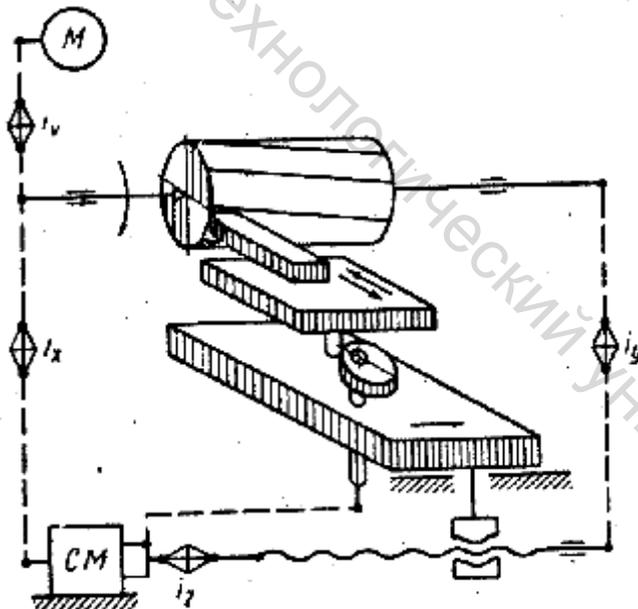


Рис. 66 Схема формообразующих движений при фрезеровании.

Затылуемые инструменты имеют прямые или винтовые стружечные канавки. При затыловании фрез с прямыми канавками количество затыловочных движений z режущего инструмента на каждый оборот фрезы равно числу ее зубьев. Для настройки кинематических цепей затыловочных станков необходимо определить расчетные перемещения, т. е. соотношения между движениями заготовки и резца. В основу расчетных перемещений принимается следующее соотношение:

$$1 \text{ об. детали} \rightarrow z \text{ движений резца} \rightarrow z \text{ об. кулачка.}$$

$$(7.1)$$

При затыловании фрез с винтовыми канавками, для того чтобы режущий инструмент при перемещении вдоль оси попадал в соответствующие зубья, необходимо ускоренное либо замедленное вращение шпинделя станка, либо замедленное или ускоренное движение инструмента (в зависимости от направления винтовых канавок). Эти движения получают с помощью дифференциала, встроенного в кинематическую цепь.

Аналогично зубофрезерным полуавтоматам при фрезеровании винтовых зубьев расчетные перемещения будут

$$1 \text{ об. фрезы} \rightarrow \frac{z}{z'} \left(1 \pm \frac{t}{T} \right) \text{ об. кулачка}, \quad (7.2)$$

где t — шаг винтовой нарезки; T — шаг винтовых канавок фрезы; z' — число заходов фрезы.

Расчетное перемещение в этом случае разбивается на два соотношения:

$$1 \text{ об. фрезы} \rightarrow \frac{z}{z'} \text{ об. кулачка}; \quad (7.3)$$

$$1 \text{ об. фрезы} \rightarrow \frac{z}{z'} \cdot \frac{t}{T} \text{ об. кулачка}. \quad (7.4)$$

Соотношение (9) обеспечивается цепью с органом настройки i_x , выражение (7.4) — цепью с органами настройки i_y и i_z . Соотношение (7.4) определяет число оборотов кулачка за один оборот фрезы. Оно обеспечивает попадание режущего инструмента на винтовой зуб фрезы. Связь между соотношениями (7.3) и (7.4) осуществляется с помощью суммирующего механизма (дифференциала).

Продольное перемещение суппорта от ходового винта (винторезная цепь) настраивается органом настройки i_y . Расчетные перемещения:

$$1 \text{ об. фрезы} \rightarrow T \text{ мм продольного перемещения резца}. \quad (7.5)$$

Скоростная цепь i_0 настраивается соответствующей установкой рукояток управления коробки скоростей.

Универсальный токарно-затыловочный станок 1811

Станок предназначен для затылования червячно-модульных фрез с наибольшим модулем $m = 8$ мм при ручном и полуавтоматическом режимах работы (рис. 67)

Цепь главного движения — вращение шпинделя. Эта цепь берет начало от электродвигателя и кончается шпинделем. При обратном вращении шпинделя электродвигатель переключается на частоту вращения, в 3 раза большую, чем при рабочем. В коробке скоростей имеется перебор, который обеспечивает два диапазона скоростей. Низкий диапазон достигается при включении колес 13—14, 17—18 ($i_{\text{неп}} = \frac{1}{16}$), а высокий — при включении колес 15—16, 17—18 ($i_{\text{неп}} = \frac{1}{4}$).

Цепь деления (затыловочные движения) передается от шпинделя через колеса 14—13 или 16—15, зубчатую пару 19—20, гитару с колесами a_1 — b_1 и c_1 — d_1 , дифференциал ($i_{\text{д}} = 2$), зубчатую пару 21—22, коническую пару 23—24 на вал с кулачком. Цепь продольного перемещения суппорта берет начало от ходового винта XVI (шаг $t_B = 12$ мм), получающего движение или от шпинделя VII, когда зубчатое колесо 26 на валу VIII зацеплено с колесом 25 на шпинделе, или через звено увеличения шага (с $t_{\text{неп}} = 4$ и 16), когда это колесо зацеплено с колесом 12 вала V. Движение на ходовой винт передается через вал VIII, трензель 27—30, вал IX, гитару подач a_2 — b_2 и c_2 — d_2 , винт.

Движение продольных подач суппорта может осуществляться от ходового вала станка. Эта цепь применяется при затыловании зубьев цилиндрических и других фрез и осуществляется по следующей кинематической цепи: шпиндель VII, цепная передача 31—32, зубчатые пары 33—34, 35—36, 37—38, 39—40, колеса механизма фартука 41—46, червячная передача 47—48 колес 49—50 на реечное колесо 51.

Цепь затылования спирального зуба идет от ходового винта или от ходового вала. Цепь от ходового винта передает движение от вала XVI через коническую передачу 52—53, цилиндрические колеса 54—55, гитару дифференциала a_3 — b_3 и c_3 — d_3 ($i_{\text{диф}} = 1$), цилиндрическую пару 21—22, коническую передачу 23—24 на кулачок затылования.

Гитара дифференциала

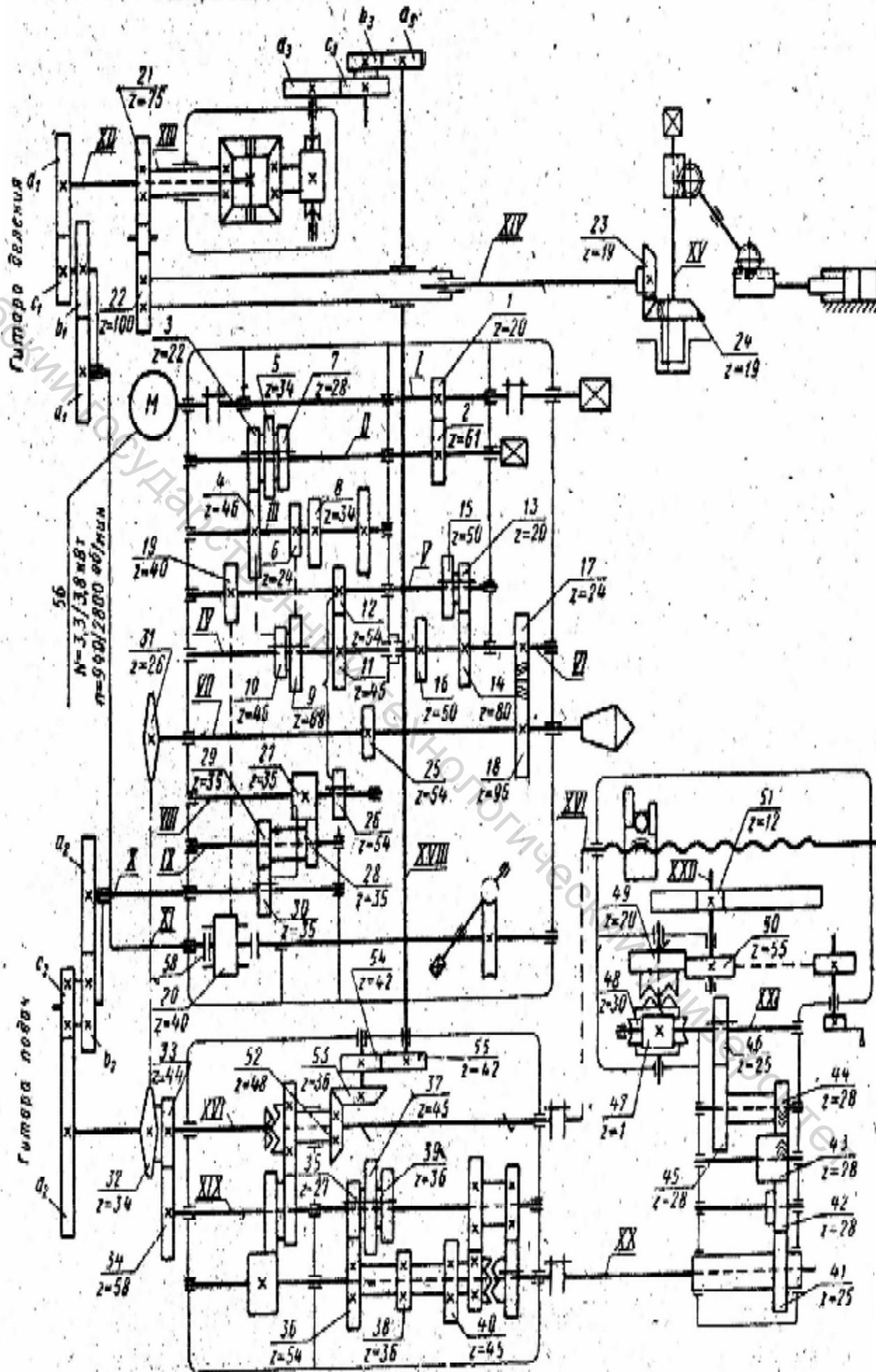


Рис. 67 Кинематическая схема станка мод. 1811.

8. Станки для обработки тел вращения.

Токарные станки делятся на универсальные и специализированные. Универсальные станки предназначены для выполнения самых разнообразных операций: обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, фасонных и торцовых поверхностей; нарезания наружных и внутренних резьб; отрезки, сверления, зенкерования и развертывания отверстий. На специализированных станках выполняют более узкий круг операций, например обтачивание гладких и ступенчатых валов, прокатных валков, осей колесных пар железнодорожного транспорта, различного рода муфт, труб и т. п. Универсальные станки подразделяются на токарно-винторезные и токарные. Токарные станки предназначены для выполнения всех токарных операций, за исключением нарезания резьбы резцами.

Наша промышленность выпускает различные модели токарных и токарно-винторезных станков — от настольных до тяжелых. Наибольший диаметр обрабатываемой поверхности на советских станках колеблется от 95 до 5000 мм при длине заготовки от 125 до 24000 мм. Некоторые токарно-винторезные станки оснащаются копировальным устройством, которое позволяет обрабатывать сложные контуры без специальных фасонных резцов и комбинированного расточного инструмента, а также значительно упрощает наладку и подналадку станка.

Структурная схема токарно-винторезного станка представлена на рис. 68. Формообразование обеспечивается вращательным движением заготовки (B_1) по цепи электродвигатель 1- шпиндель 2 со звеном настройки i_u и поступательным движением инструмента (n_1 и n_2) по цепи шпиндель двухходовой — вал 4 (при точении) или шпиндель — ходовой винт 3 (при нарезании резьбы) со звеньями настройки i_2 и i_{KH} .

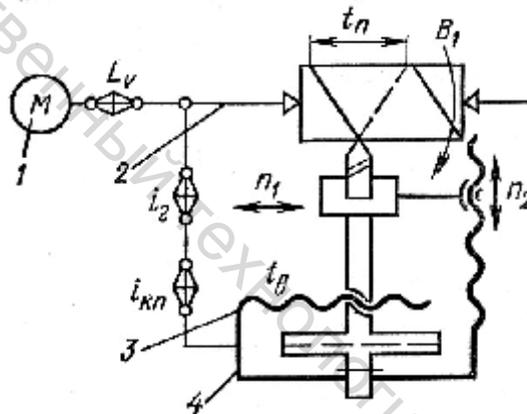


Рис. 68 Структурная схема токарного станка.

8.1. Токарно-винторезный станок.

Назначение станка - наружное и внутреннее точение, нарезание правой и левой метрической, дюймовой, модульной и питчевой резьб, одно- и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом, торцовой резьбы и т. д. Станок применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 69.

Главное движение. Главным движением в станке является вращение шпинделя, которое он получает от электродвигателя / через клиноременную передачу со шкивами 2 — 3 и коробку скоростей. На приемном валу // установлена двусторонняя фрикционная муфта 6. Для получения прямого вращения шпинделя муфту смещают влево, а привод вращений осуществляется по следующей цепи зубчатых колес: 4 — 8 или 5—9, 10—13 или 11 — 14. либо 12—15, вал IV, колеса 15 — 21 или 19 — 22. шпиндель V. От вала IV вращение можно передать через перебор 16 — 23 или 17 — 24, 25—27 и 26-22 при перемещении вправо блока 21-22 на шпинделе. Переключая блоки колес, можно получить 12 вариантов зацепления колес при передаче вращения с вала IV непосредственно на шпиндель и 12 вариантов — при передаче вращения через перебор.

Реверсирование шпинделя выполняют перемещением муфты 6 вправо. Тогда вращение с вала // на вал /// передается через зубчатые колеса 7—28, 29—12, и последний получает обратное вращение.

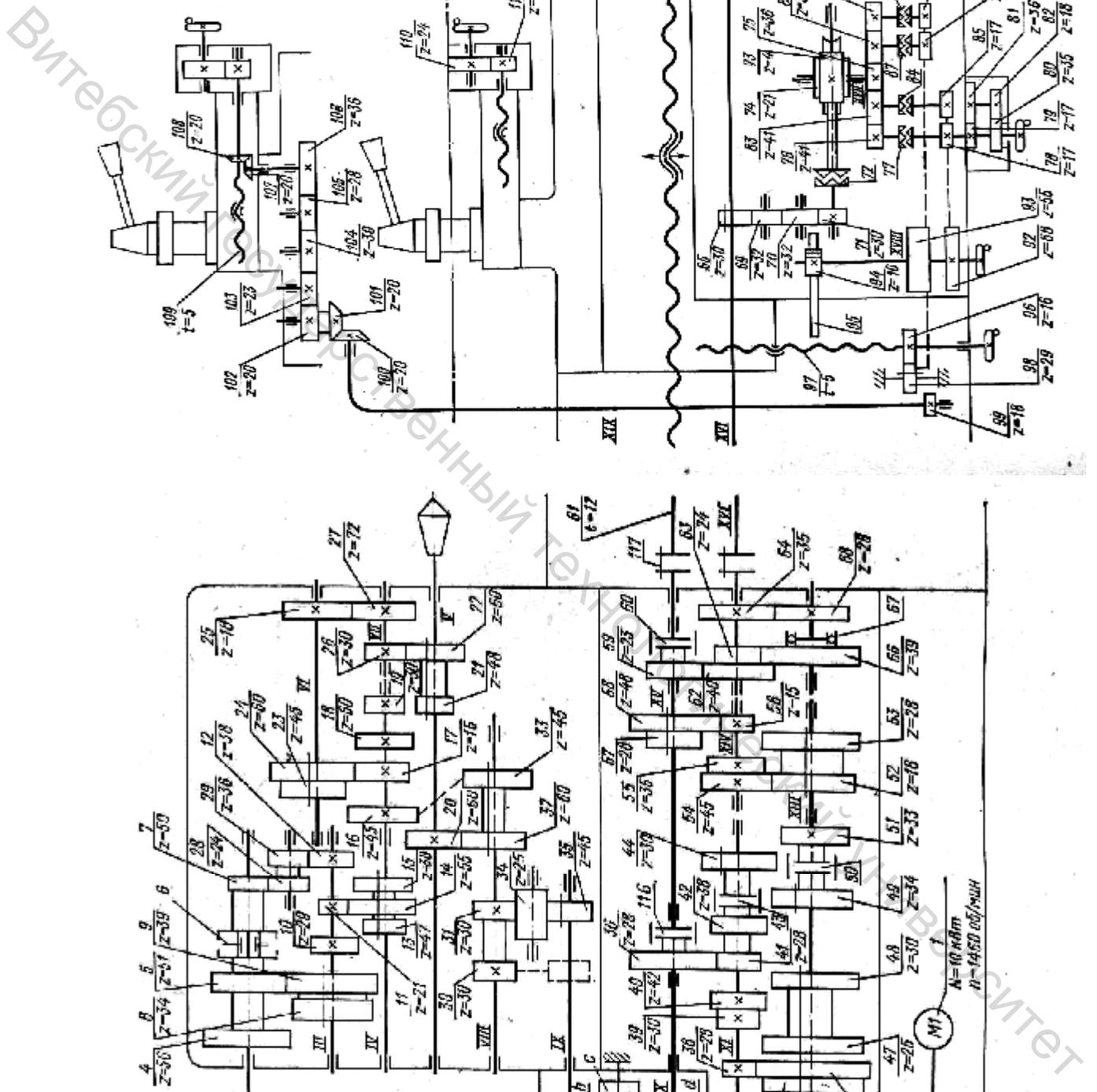


Рис. 70 Кинематическая схема токарного станка мод. 16К20.

Движение подачи. Механизм подачи сообщает движение суппорту по четырем кинематическим цепям: винторезной, продольной и поперечной подачи, быстрого перемещения. Вращение вала *VIII* от шпинделя *V* передается через зубчатые колеса 20-32, а при нарезании резьбы с увеличенным шагом от шпинделя *V* через звено увеличения шага: колеса 22-26, 27-25, 23-16 или 24-17 и через колеса 16-33.

С вала *VIII* движение передается через реверсивный механизм с колесами 30-35 или 31-34-35 на вал *IX*, далее через сменные колеса *a—b—d* или *a-b—c-d* на входной вал *X* коробки подач. Переключением муфт 116, 60, 43 и 50, а также перестановкой блочных зубчатых колес 57 и 58, 45 и 46, 47 и 48, 52 и 53 осуществляются различные комбинации соединения колес 36...64 коробки подач. От выходного вала *XV* коробки подач вращения может быть сообщено либо ходовому винту 61, либо ходовому валу *XVI*. В первом случае - через муфту 60, во втором - через колеса 59-62, 63-66, муфту обгона 67 и колеса 68-64.

Винторезная цепь. При нарезании резьбы подача суппорта осуществляется от ходового винта 61 через маточную гайку, закрепленную в фартуке. Необходимый шаг резьбы можно получить переключением зубчатых колес и муфт в коробке подач или установкой сменных колес *a, b, c, d* на гитаре. В последнем случае муфтами 116 и 60 механизм коробки подач отключается. Для предупреждения поломок при случайных перегрузках служит муфта 117.

Продольная и поперечная подачи суппорта. Для передачи движения механизму фартука служит ходовой вал *XVI*. По нему вдоль шпоночного паза скользит зубчатое колесо 65, передающее вращение через колеса 69, 70, 71 при включенной муфте 72 и червячную пару 73-74 валу *XVII*.

Для получения продольной подачи суппорта и его реверсирования включают одну из кулачковых муфт — 77 или 84. Тогда вращение от вала *XVII* передается зубчатыми колесами 75—83 — 76 и 79—92 или 85 — 92 валу *XVIII* и далее реечному колесу 94, которое, перекатываясь по неподвижно связанной со станиной станка рейке 95, осуществляет продольное перемещение суппорта.

Поперечная подача и ее реверсирование осуществляется включением муфт 87 или 90. В этом случае от вала *XVII* через передачи 75—86 и 88-93-98-96 или 75-86-89 и 91-93-98-96 вращение передается винту 97, который сообщает движение поперечной каретке суппорта.

Установочные перемещения суппорта, резцовых салазок и пиноли задней бабки. Для осуществления быстрого (установочного) перемещения суппорта ходовому валу *XVI* сообщается быстрое вращение от электродвигателя 113 через клиноременную передачу 114-115. Механизм подачи суппорта через коробку подач при этом можно не включать, так как в цепи привода ходового вала установлена муфта обгона 67. С помощью ходовых винтов 109 и 112 можно вручную через колеса 110-111 и непосредственно перемещать резцовые салазки и пиноль задней бабки. Станок может быть оснащен механическим приводом салазок. В этом случае от ходового вала *XVI* через механизм фартука, колеса 65...98 подключается колесо 99 вала *XIX*, а затем через колеса 100...108 движение передается винту 109 резцовых салазок.

Через клиноременную передачу 118-119 от вала / подключен насос смазки 120.

Настройка кинематических цепей станка для нарезания резьб сводится к подбору передаточных отношений передач коробок подач и других механизмов, что осуществляется переключением соответствующих рычагов. Исключение представляет нарезание особо точных резьб или резьб с ненормализованным шагом. Конечным звеном резьбонарезной цепи являются ходовой винт 55 (см. рис. 69) и маточная гайка, поэтому уравнение настройки можно написать в следующем виде (имея в виду однозаходность винта):

$$1 \text{ об. шп. } i - t_{\text{в}} = t_{\text{н}} \quad (8.1)$$

где $t_{\text{н}}$ - шаг нарезаемой резьбы; $t_{\text{в}}$ - шаг ходового винта; i - передаточное отношение кинематической цепи от шпинделя до ходового винта.

Поскольку для рассматриваемого случая валы *X, XV* и ходовой винт 61, связанные муфтами 116 и 60 (см. рис. 69), представляют собой единое звено, то передаточное отношение цепи

$$i = i_1 i_2 \quad (8.2)$$

где i_n - передаточное отношение постоянных передач; i_2 — передаточное отношение сменных колес звена настройки (гитары).

На основании уравнений (8.1) и (8.2)

$$i_2 = \frac{1}{i_n} \frac{t_H}{t_6}$$

обозначив $1/i_n$ через C , получим

$$i_2 = C \frac{t_H}{t_6}$$

Передаточное отношение i_n чаще всего равно 1:1 или 1:2. Применительно к кинематической схеме, изображенной на рис. 69, значение i_n может быть различным в зависимости от положения блоков с зубчатыми колесами 21—22, 23—24 и 32 — 33. Если колесо 20, сидящее на шпинделе, сцеплено с колесом 32, то вращение механизма подачи сообщает непосредственно шпиндель, и передаточное отношение постоянных передач i_n от шпинделя к звену настройки (гитаре) будет $\frac{60}{60} \frac{30}{45} = \frac{2}{3}$ (валы V, VIII и IX).

При нарезании резьбы с большим шагом (16—112 мм) передача движения осуществляется через звено увеличения шага. В этом случае блок колес 21—22 на шпинделе занимает правое положение, и колесо 16 на валу IV зацепляется с колесом 33 на валу VIII. Передаточное отношение цепи от шпинделя до вала IX при сцеплении колес в такой последовательности будет иметь два варианта

$$1) i_n = \frac{60}{30} \frac{72}{18} \frac{45}{45} \frac{30}{45} = \frac{16}{3}$$

$$2) i_n = \frac{60}{30} \frac{72}{18} \frac{60}{15} \frac{45}{45} \frac{30}{45} = \frac{16}{3}$$

Таким образом, включение звена увеличения шага из двух вариантов крепления колес дает увеличение передаточного отношения от шпинделя вала VIII в 8 и 32 раза, что соответственно увеличивает шаг нарезной резьбы во столько же раз.

Нарезание многозаходной резьбы. При многозаходной резьбе под шагом t_H понимают расстояние между параллельными сторонами профиля двух соседних витков. Поэтому для получения резьбы заданного шага механизм подачи должен за один оборот заготовки переместить суппорт на величину хода резьбы $s = K t_H$ где t_H — число заходов нарезаемой резьбы. Такого типа резьбы нарезают на ходовых винтах, многозаходных червяках и других деталях.

Многозаходная резьба нарезается двумя способами: после нарезания первой нитки заготовку поворачивают на часть оборота $1/k$; предварительно разомкнув винторезную цепь или оставляя заготовку неподвижно, перемещают инструмент вместе с резовыми салазками продольно на величину шага резьбы t_H . Затем нарезают следующий заход и т. д. На станке 16К20 имеется специальное делительное устройство для нарезания многозаходных резьб. Оно состоит из кольца с риской, укрепленного на корпусе передней бабки, и диска с делениями, насаженного на шпиндель и имеющего на периферии 60 делений. После нарезания первого захода шпиндель надо повернуть на число делений, равное 60/к. Это устройство позволяет нарезать резьбы с числом заходов 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60. На станках, не имеющих делительного приспособления, пользуются поводковой делительной планшайбой.

Обработка фасонных поверхностей. Если в описанном копировальном Устройстве вместо конусной линейки установить фасонную, то резец будет перемещаться по криволинейной траектории, обрабатывая фасонную поверхность.

Для обработки фасонных и ступенчатых валов токарные станки иногда оснащают гидравлическими копировальными суппортами, которые располагают чаще всего на задней стороне суппорта станка. Нижние салазки суппорта имеют специальные направляющие, расположенные обычно под углом 45 к оси шпинделя станка, в которых и перемещается копировальный суппорт.

На рис. 70 показана принципиальная схема, поясняющая работу гидравлического копировального суппорта. Масло от насоса 7 поступает в цилиндр, жестко связанный с продольным суппортом 5, на котором находится поперечный суппорт 2. Последний соединен со штоком цилиндра. Масло из нижней полости цилиндра через щель / в поршне поступает в верхнюю полость цилиндра, а затем в следящий золотник 6 и на слив. Следящий золотник конструктивно связан с суппортом. Щуп 4 золотника 6 прижимается к копиру 3 (на участке *ab*) при помощи пружины (на схеме не показана). При этом положении щупа масло через золотник 6 поступает на слив, а поперечный суппорт- 2 вследствие разности давлений в нижней и в верхней полостях перемещается назад. В тот момент, когда щуп окажется на участке *bc*, он под действием копира утапливается, преодолевая сопротивление пружины. При этом слив закрывается из золотника 6 постепенно перекрывается. Поскольку площадь в нижней полости больше, чем в верхней, давление масла заставит перемещаться суппорт 2 вниз.

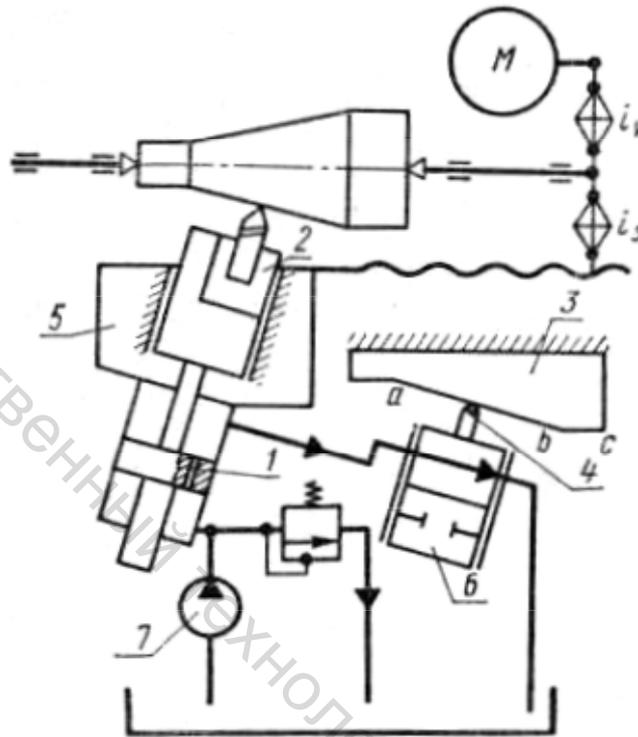


Рис. 70 Принципиальная схема работы гидравлического копировального суппорта.

На практике встречаются самые различные модели токарных и токарно-винторезных станков, от настольных до тяжелых, с широким диапазоном размеров. Наибольший диаметр обработки на отечественных станках колеблется от 85 до 5000 мм при длине заготовки от 125 до 24000 мм.

8.2. Токарно-револьверные станки.

Токарно-револьверные станки применяют в серийном производстве для обработки деталей из прутков или из штучных заготовок. На этих станках можно выполнять все основные токарные операции.

Револьверные станки отличаются от токарно-винторезных тем, что не имеют задней бабки и ходового винта, а имеют продольный суппорт, несущий револьверную головку, в гнездах которой может быть установлен разнообразный инструмент. При наличии специальных комбинированных державок можно в одном гнезде головки закрепить несколько инструментов. Заготовки зажимаются патронами или специальными цанговыми зажимными устройствами. Револьверная головка может поворачиваться вокруг оси, и тогда инструмент последовательно подводится к детали, обрабатывая ее за несколько переходов. Инструмент крепится также и в резцедержателе поперечного суппорта.

Применение токарно-револьверных станков считается рациональным в том случае, если по технологическому процессу обработки детали требуется применение большого количества режущего инструмента и размер партии детали составляет не менее 10-20 шт. К преимуществам токарно-револьверных станков по сравнению с токарными относятся возможность сокращения машинного и вспомогательного времени на счет применения многолезцо-

вых державок и одновременной обработки детали инструментом, установленным на револьверной головке и поперечном суппорте, а также сравнительно малые затраты времени за счет предварительной настройки станка на обработку детали многими инструментами.

Токарно-револьверные станки в зависимости от вида обрабатываемых заготовок бывают прутковые и патронные. Обычно станки малого размера—прутковые, а среднего размера — как прутковые, так и патронные. Крупные револьверные станки обычно патронные. Все эти станки делятся на станки с вертикальной и станки с горизонтальной осью вращения револьверной головки (рис. 71). Револьверные головки бывают призматические и цилиндрические. Призматические головки (рис. 71,а) обычно имеют вертикальную ось и шесть граней с гнездами. Цилиндрические головки делают с горизонтальной осью вращения (рис. 71, б, в) с расположением горизонтальной оси головки параллельно (рис. 71,б) или перпендикулярно оси шпинделя станка (рис. 71,в).

Движения в револьверных станках. Главным движением в рассматриваемых станках является вращение шпинделя, несущего заготовку: движением подачи - продольное s , и поперечное s_2 , перемещения суппортов, несущих режущий инструмент.

В револьверных головках с горизонтальной осью вращения, параллельной оси шпинделя, поперечная подача осуществляется медленным вращением головки (рис. 71,б). В станках с револьверной головкой, имеющей вертикальную ось вращения, поперечная подача осуществляется поперечным суппортом, а иногда и перемещением салазок с револьверной головкой в поперечном направлении (рис. 71,а).

Вспомогательными движениями в рассматриваемых станках являются повороты (индексирование) револьверной головки для последовательного «вода в работу различного инструмента; подача и зажим прутка; быстрый подвод и отвод револьверного, поперечного суппорта и др.

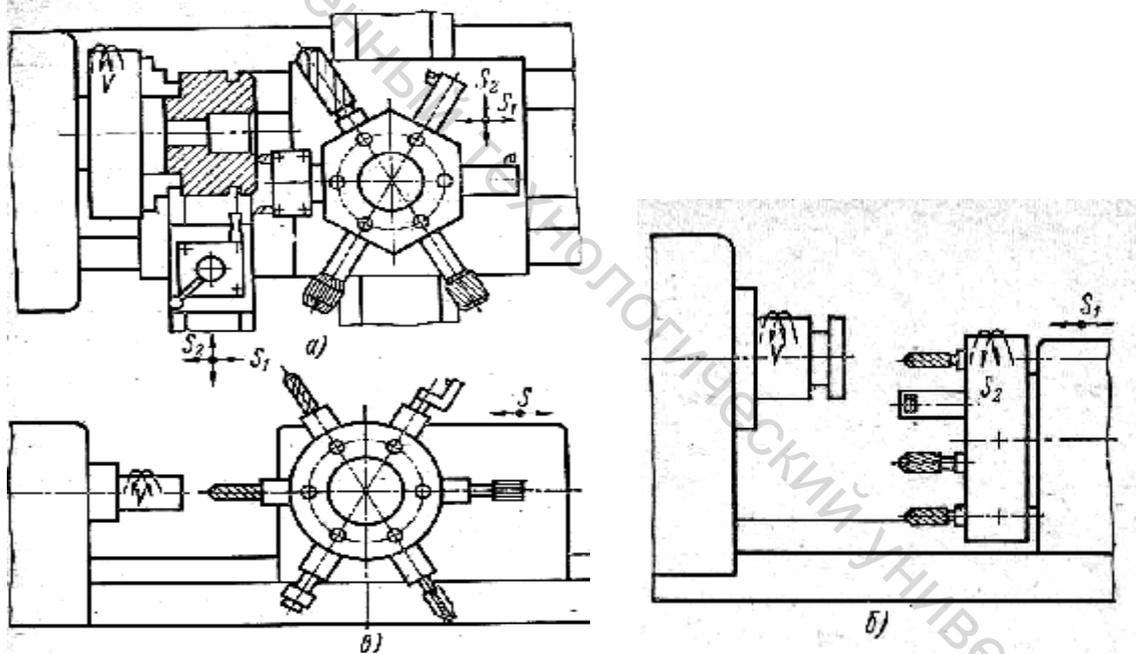


Рис. 71 Виды револьверных станков.

Токарно-револьверный станок мод. 1А341. Станок является универсальным. На нем можно производить многоинструментную наладку для течения, сверления, растачивания, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы и других операций. Особенностью станка является наличие командоаппарата с шестью кулачками, которыми при движении или повороте револьверной головки действуют на конечные выключатели, управляющие электромагнитными муфтами. Командоаппарат служит для предварительного набора и автоматического управления частотами вращения шпинделя, подачами револьверной головки и периодическим поворотом ее в нужную позицию по заданной программе. Кроме того, станок имеет гидравлический механизм подачи и зажима прутка, копировальную линейку для обработки конических поверхностей и резьбонарезное устройство.

Кинематическая схема станка показана на рис. 72. От электродвигателя *М1* через зубчатые колеса 1—2 вращение сообщается валу *П*. Далее вращение передается валу *III* через

колеса 3—4 при включенной муфте ЭМ или через колеса 5 — 6 при включенной муфте ЭМ2. Затем через колеса 7 — 8 и муфту ЭМ4 или колеса 9 — 10 и муфту ЭМ3 вращение получает вал IV и через колеса 11 — 12 или 13 — 14 — шпindelъ V.

Механизм подач. Вращение вала VI коробки подач сообщается от шпинделя К через зубчатые колеса 15 — 16 и далее через колеса 17 — 18 или 19 — 20 передается на вал VII. Затем через зубчатую пару 21-22 и муфту ЭМ3 или колеса 23 — 24 и муфту ЭМ6 получает вращение вал VIII и через колеса 25 — 26 и муфту ЭМ8 или колеса 27 — 28 и муфту ЭМ7 получает вращение вал IX. С этого вала через предохранительную муфту 61 вращение передается на вал X револьверного суппорта.

Продольная подача суппорта осуществляется с вала X через колеса 30 или 31—32 на вал XI, затем через червячную пару 33 — 34 и муфту ЭМ7 сообщается валу XII и далее через колеса 35-36 передается на ре-4ную пару 37 — 38.

Круговая подача револьверной головки осуществляется от вала X через ток колес 29, 31 на вал XI, затем через червячную пару 33 — 34 и муфту М11 передается на вал XII, и через колеса 40, 41, 42, 43, муфту ЭМ13, вал XV, колеса 44 — 45 и 46 — 47 получает вращение револьверная головка 62. Быстрое продольное перемещение револьверного суппорта осуществляется от отдельного электродвигателя М2 через зубчатые колеса 48 — 49 на вал XVIII и через червячную пару 58 — 59 и муфту ЭМ9 передается на вал XIII реечной пары 37 — 38.

Быстрый поворот револьверной головки осуществляется также от электродвигателя М2 через зубчатые колеса 48 — 49, червячную пару 50 — 51, муфту ЭМ10, вал XIX, колеса 52 — 53, 54 — 55, вал XV, коническую пару 44-45, вал XVI и колеса 46-47.

Витебский государственный технологический университет

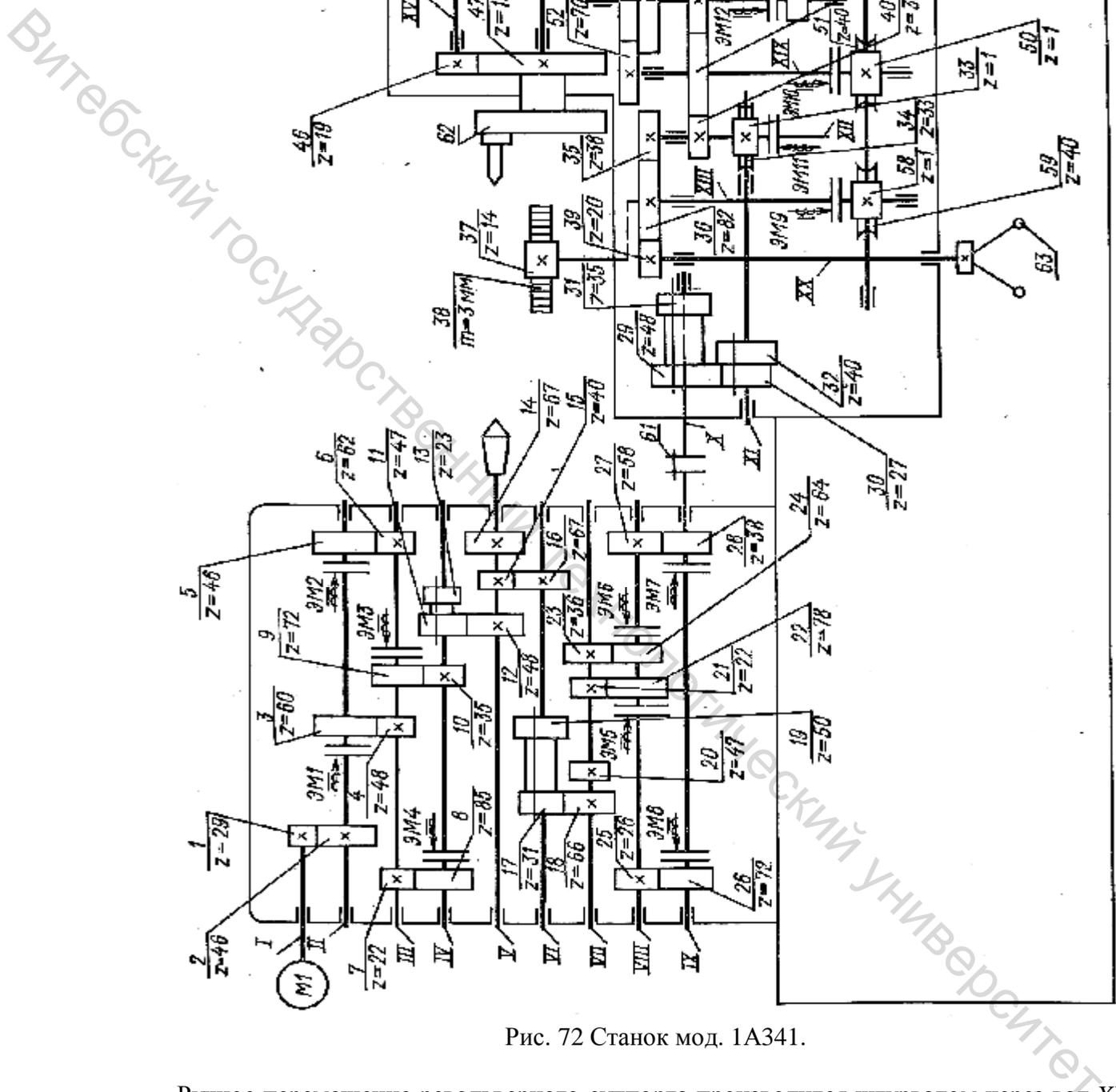


Рис. 72 Станок мод. 1А341.

Ручное перемещение револьверного суппорта производится штурвалом через вал XX, зубчатые колеса 39 — 36 и вал XIII на речную пару 37—38, а поворот револьверной головки — маховичком 64 через колеса 56-60, муфту ЭМ12, вал XIV, колеса 54-55, вал XV, колеса 44-45 и 46-47.

На валу XVII револьверной головки 62 находится барабан 6.5 с упорами.

Приспособление для нарезания резьбы резцом или гребенкой, установленное на станке, работает следующим образом. От шпинделя I (рис. 73) вращение через зубчатые колеса 15-60, 61-62 или 63-64 передается на сменный резьбовой копир 7 с шагом t_n . Рычаг I опускается до упора 4. Вместе с ним опускается, занимая рабочее положение, суппорт 2 с резцом 3 (или гребенкой) и резьбовая губка 5 с грузом 6. Вращающийся резьбовой копир 7 пе-

ремещает резьбовую губку, штангу IV и суппорт с инструментом, обеспечивая нарезание резьбы. При передаточном отношении передачи от шпинделя / до резьбового копира (вал III) $i = 1$ (в зацеплении колеса 61 — 62) шаг нарезаемой резьбы равен шагу копира $g_{..}$, а при передаточном отношении пени $i = 1/2$ (в зацеплении колеса 63 — 64) шаг нарезаемой резьбы равен половине шага копира.

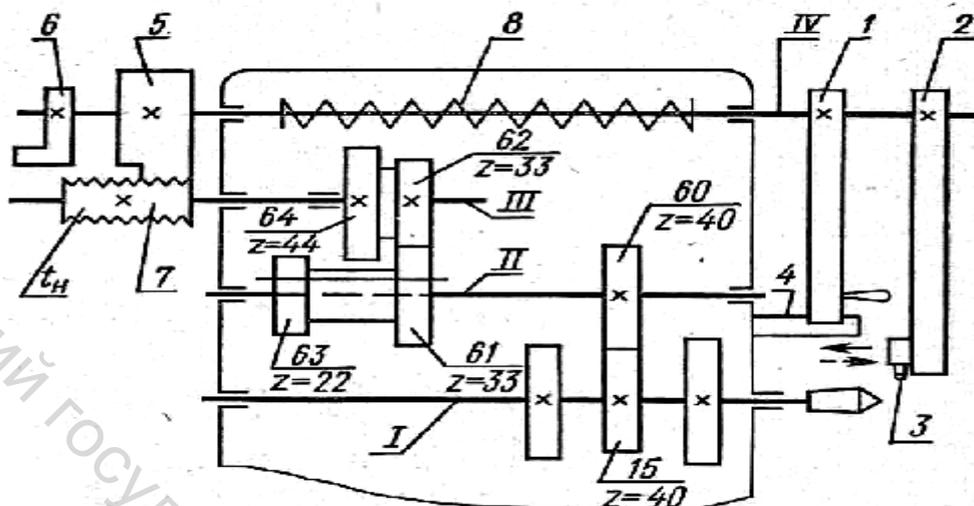


Рис. 73 Приспособление для нарезания резьбы.

Продольное перемещение суппорта 2 ограничивается упором (на рисунке не показан) рычага /. В результате действия упора рычаг и суппорт приподнимаются, губка 5 выходит из контакта с копиром 7, и штанга IV под действием пружины 8 возвращает суппорт в исходное, правое положение. Для повторения прохода следует снова опустить рычаг /. После каждого прохода надо перемещать резей или гребенку на глубину резания.

8.3. Токарно-лобовые станки.

Для обработки коротких заготовок большого диаметра и небольшой длины в единичном производстве применяют токарно-лобовые станки. При сравнительно небольшой длине они имеют планшайбу большого диаметра. Задней бабки станки не имеют.

На рис. 74 показаны лобовые станки с суппортом, установленным на одной станине со шпиндельной бабкой (рис. 74, а), и станки с обособленным суппортом (рис. 74, б). Последние станки предназначены для обработки особо крупных деталей, превышающих диаметр планшайбы. Для этого в фундаменте под планшайбой делают выемку. Привод подачи суппорта такого станка осуществляется или от отдельного электродвигателя, или от шпинделя станка через храповые устройства.

Ввиду невысокой точности и сложности установки заготовки на вертикальной планшайбе, а также низкой производительности, лобовые станки применяют редко, они вытеснены более совершенными карусельными станками.

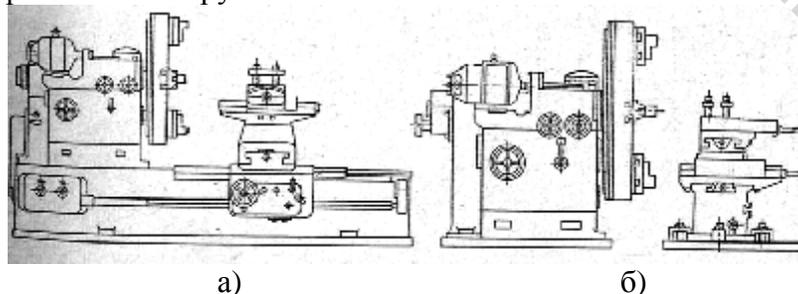


Рис. 74 Компановка токарно-лобовых станков.

8.4. Токарно-карусельные станки.

Токарно-карусельные станки применяют для обработки тяжелых деталей большого диаметра и сравнительно небольшой длины. На этих станках можно выполнять почти все токарные операции.

Горизонтальное расположение плоскости круглого стола (планшайбы), на котором закрепляется заготовка, значительно облегчает ее установку и выверку. Кроме того, шпиндель разгружен от изгибающих сил, что обеспечивает более высокую точность обработки деталей. Токарно-карусельные станки изготовляют двух типов; одностоечные и двухстоечные. Станки с планшайбой диаметром до 1600 мм обычно одностоечные, а станки с планшайбами большего диаметра — двухстоечные.

Токарно-карусельный станок мод. 1512, Станок универсальный, предназначен для токарной обработки крупных деталей типа корпусов, маховиков и т. п. Общий вид одностоечного токарно-карусельного станка показан на рис. 75. Станина 1 жестко скреплена со стойкой 9, имеющей вертикальные направляющие для перемещения по ним траверсы 6 и бокового суппорта 10 с четырехместным резцедержателем 12. На станине на круговых направляющих расположена планшайба 2 для установки на ней обрабатываемых деталей или приспособлений. Коробка скоростей размещена внутри станины. На горизонтальных направляющих траверсы может перемещаться вертикальный револьверный суппорт 5 с пятипозиционной револьверной головкой 4. Привод подач револьверного суппорта и бокового суппорта 70 осуществляется от коробок подач 7 и 11. Перемещения револьверного суппорта вручную производят маховичками 8, а бокового суппорта — маховичками 13. Управление станком осуществляется от пульта 3.

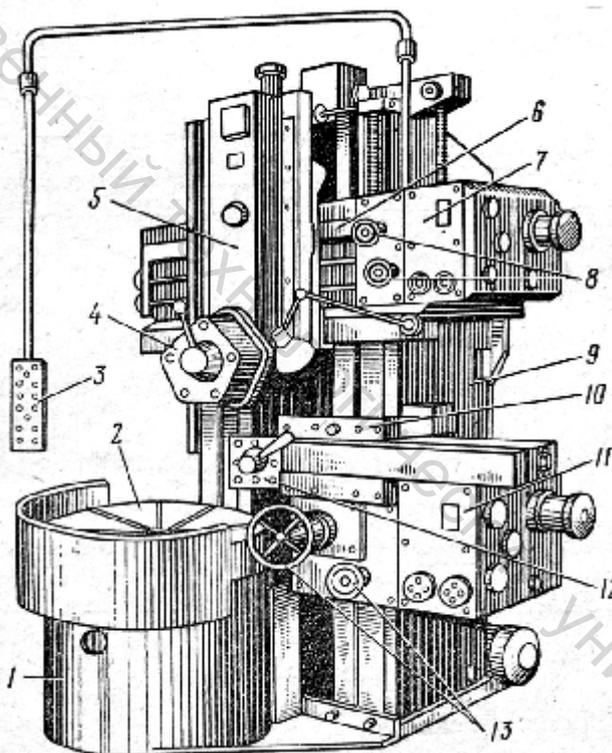


Рис. 75 Компановка токарно-карусельного станка.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 76.

Главное движение (вращение планшайбы) сообщается от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 2 — 3 на вал 4, затем через коробку скоростей, вал V конические зубчатые колеса 25 — 26 и колеса 21 — 28 передается планшайбе. Коробка скоростей оснащена восемью электромагнитными муфтами, переключение которых позволяет сообщить планшайбе 18 частоты вращения в пределах от 5 до 250 об/мин.

Подачи суппортов (револьверного и бокового) заимствуются от планшайбы через две независимые коробки подач с одинаковой кинематикой. Каждая коробка оснащена восемью электромагнитными муфтами, переключение которых дает возможность получить 16 величин подач для обоих суппортов.

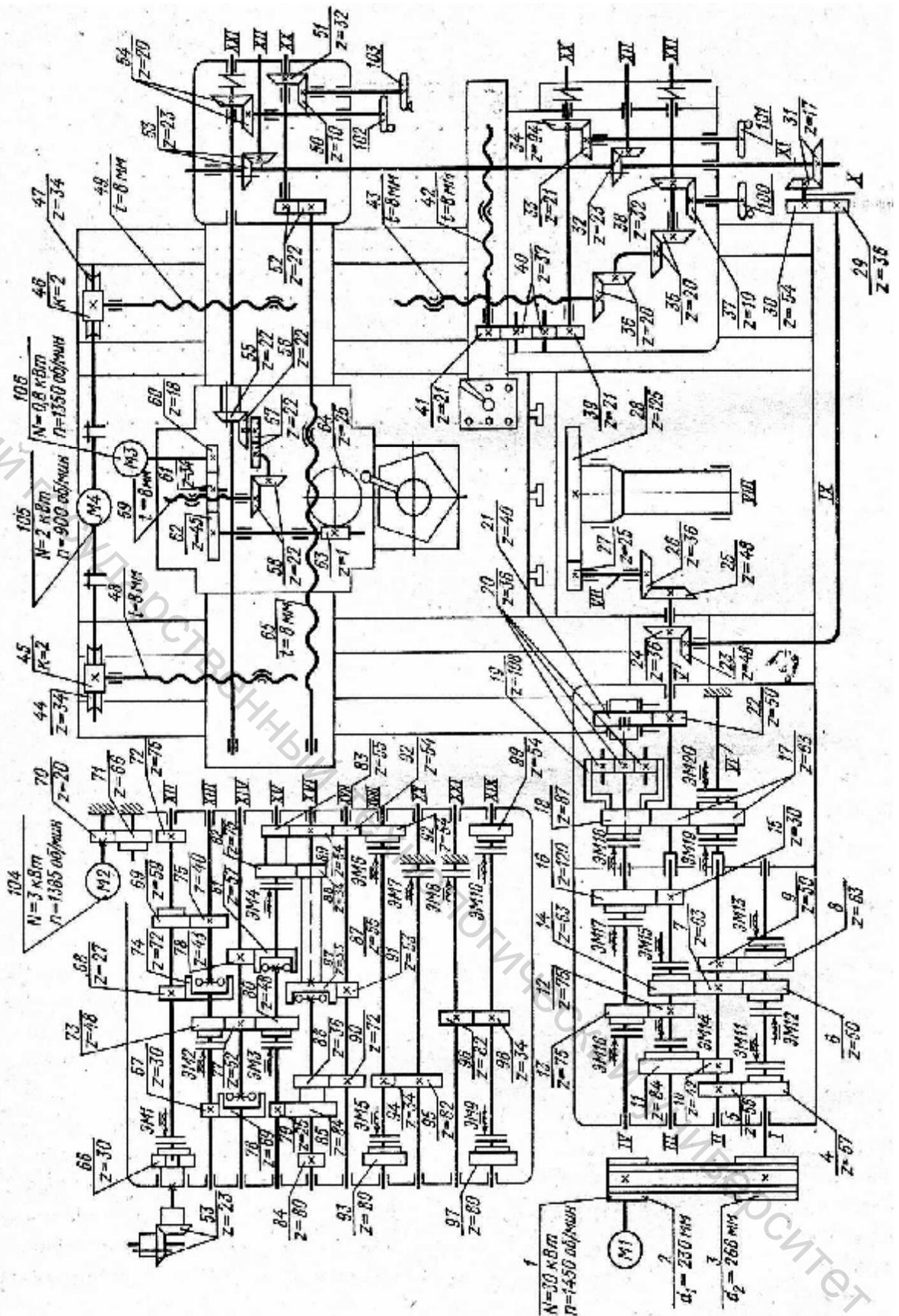


Рис. 76 Кинематическая схема станка мод. 1512

Горизонтальная подача револьверного суппорта. От вала VIII планшайбы через передачу 28 — 27, конические передачи 26 — 25, 24 — 23, передачу 29 — 30 и конические пары колес 31 и 53 движение передается на вал XII коробки подач (показана отдельно наверху слева). От коробки подач вращение получает вал XX механизма суппорта и далее через зубчатые колеса 52 и винтовую пару 65 горизонтальную подачу получает револьверный суппорт.

Вертикальная подача револьверного суппорта. От вала VIII планшайбы до вала XXI коробки подач вращение осуществляется по той же цепи: далее через конические зубчатые колеса 55 — 56, цилиндрическую пару колес 57, коническую пару 58 и винтовую пару 59 движение подачи получает револьверный суппорт.

Горизонтальная подача бокового суппорта. Как и прежде, движение идет от вала VIII планшайбы до вала XII коробки подач, затем через коробку подач на вал XX и далее через зубчатые колеса 39—41 и винтовую пару 42 получает подачу боковой суппорт.

Вертикальная подача бокового суппорта. От вала планшайбы до вала XII коробки подач движение идет по той же цепи, затем через коробку подач вращение получает вал XXI механизма суппорта и через конические зубчатые колеса 55 — 36 и винтовую пару 43 получает подачу боковой суппорт.

Ускоренное перемещение оба суппорта получают от отдельного электродвигателя 104. Подъем и опускание траверсы осуществляются двумя ходовыми винтами 48 — 49 от электродвигателя 105.

Поворот револьверной головки вертикального суппорта производится от электродвигателя 106 через зубчатые колеса 60 — 61—62 и червячную пару 63-64.

Ручное перемещение револьверному суппорту сообщают от маховичков и 103, а боковому суппорту — от маховичков КМ) и 101.

8.5. Токарные станки с ЧПУ.

Токарный патронно-центровый станок 16К20Ф3 предназначен для выполнения различных токарных работ в полуавтоматическом цикле. В зависимости от возможностей используемой системы ЧПУ на станке можно обрабатывать различные резьбы. Станок выпускают на базе станка 16К20.

Станок оснащен системой ЧПУ, которая обеспечивает управление по двум координатам, изменение частот вращения шпинделя и величин подач, индексацию револьверной головки и нарезание резьбы по программе.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 77. Главное движение — вращение шпинделя. Вращение шпинделю VI сообщается от двигателя M1 через клиноременную передачу $\frac{\varnothing 126}{\varnothing 182}$ автоматическую коробку скоростей (АКС), вал III, клиноременную передачу

чу $\frac{\varnothing 200}{\varnothing 280}$ зубчатую передачу $\frac{40}{54}$ и передачу $\frac{65}{43}$ или $\frac{30}{60}$.

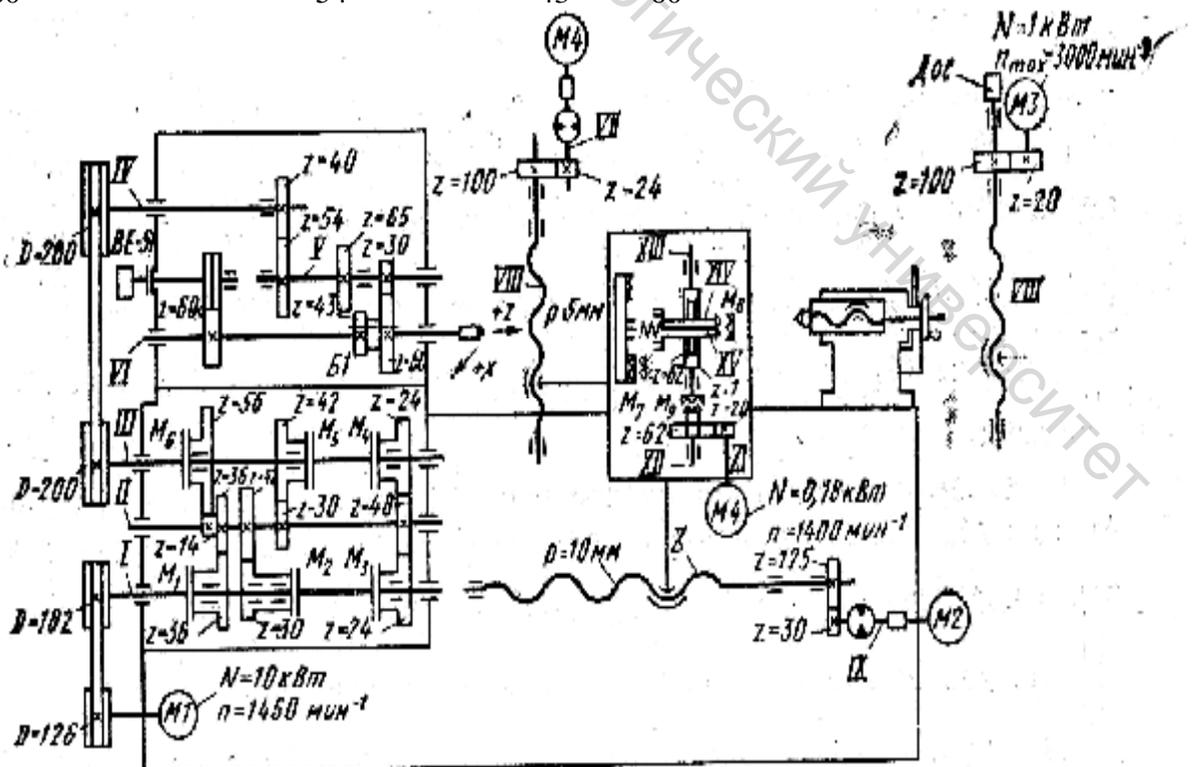


Рис. 77 Кинематическая схема станка мод. 16К20Ф3

На валу I АКС свободно установлены зубчатые колеса 36, 30, 24 и электромагнитные муфты M_1, M_2, M_3 , при включении которых зубчатые колеса передают крутящий момент на вал II. На этом валу жестко установлены зубчатые колеса 14, 42, 30, 48, передающие вращение свободно установленным на валу III зубчатым колесам 56, 42, 24 и далее через электромагнитные муфты M_4, M_5, M_6 на вал III и затем на шпиндель. Таким образом, АКС обеспечивает получение девяти автоматически переключаемых частот вращения.

Ручное переключение групповой передачи обеспечивает два диапазона частот вращения шпинделя: 35—560 и 100—1600 мин⁻¹. Поскольку шесть частот в указанных диапазонах совпадают по величине, шпиндель фактически имеет двенадцать частот вращения.

Одновременным включением муфт M_4 и M_6 осуществляется торможение шпинделя (кинематический замок).

Движение подач. Приводы продольной и поперечной подач суппорта могут иметь два исполнения. В первом исполнении в качестве двигателя, вращающего ходовые винты X и VIII, используют электрогидравлический шаговый двигатель. Во втором исполнении используют высокомоментный двигатель постоянного тока. В обоих случаях движение на винты передается через редуцирующую беззазорную зубчатую передачу (малое зубчатое колесо установлено на валу двигателя). При применении высокомоментного двигателя постоянного тока на ходовых винтах VIII и X устанавливают датчики обратной связи.

8.6. Токарные автоматы и полуавтоматы.

Автоматом называется станок, в котором автоматизированы все основные и вспомогательные движения, необходимые для выполнения технологического цикла обработки заготовок, включая загрузку и выдачу обработанной детали. Обслуживание автомата сводится к периодической наладке, подаче материала на станок и контролю обрабатываемых деталей.

Полуавтоматом называется автоматический станок, в котором часть движений неавтоматизирована. В большинстве случаев это движения, связанные с загрузкой и снятием заготовок.

Токарные станки и полуавтоматы применяют для обработки деталей сложной конфигурации с помощью большого количества инструментов. Они подразделяются: по назначению - на универсальные и специализированные; по виду заготовки — на прутковые и патронные; по количеству шпинделей — на одношпиндельные и многошпиндельные; по расположению шпинделей — на горизонтальные и вертикальные.

Из автоматов и полуавтоматов наибольшее распространение получили станки с кулачковым приводом. Автоматическое управление циклом этих станков осуществляется с помощью распределительного (кулачкового) вала. Обычно за один оборот вала происходит полный цикл обработки детали.

Автоматы можно разделить на три группы. Первая группа - автоматы, имеющие один распределительный вал, вращающийся с постоянной для данной настройки частотой. Вал управляет как рабочими, так и вспомогательными движениями. Для автоматов этой группы характерна большая потеря времени при вспомогательных движениях, так как они выполняются при той же (медленной) частоте вращения распределительного вала, что и рабочие операции. Однако в автоматах малых размеров с небольшим количеством холостых движений применение такой схемы целесообразно вследствие ее простоты.

Вторая группа - автоматы с одним распределительным валом, которому в течение цикла сообщаются две частоты вращения: малая при рабочих и большая при холостых операциях. Такая схема обычно применяется в многошпиндельных токарных автоматах и полуавтоматах.

Третья группа - автоматы, имеющие, кроме распределительного вала, еще и быстросходный вспомогательный вал, осуществляющий холостые движения. Команды на выполнение холостых движений подаются распределительным валом с помощью закрепленных на нем специальных барабанов с упорами.

Горизонтальные одношпиндельные токарные полуавтоматы делятся на многорезцовые, копировальные и многорезцово-копировальные.

8.6.1. Многолезцовые токарные автоматы.

На рис. 78 приведена схема работы многолезцового полуавтомата. Обработка заготовки 2 ведется несколькими одновременно работающими ре-щами, установленными на продольном 12 и поперечном 3 суппортах. Одновременная работа большого числа резцов, каждый из которых обрабатывает свой участок заготовки, позволяет получить деталь заданных формы и размеров путем простейших и коротких циклов работы суппортов и, следовательно, значительно сократить время обработки. Снятие детали, установку заготовки, ее зажим в патроне или в центрах передней 1 и задней 4 бабок, а также пуск станка производят вручную. Подвод суппортов с резцами, обработка заготовки, возврат суппортов в исходное положение и остановка станка производятся автоматически.

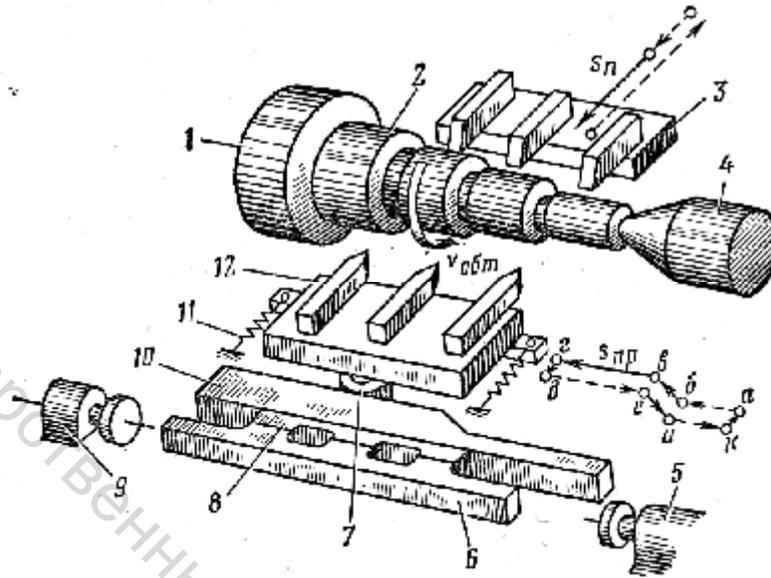


Рис. 78 Схема многолезцового полуавтомата.

Продольный суппорт 12 перемещается вместе с планками 6 и 8 относительно неподвижной линейки 10. При этом ролик 7 суппорта перекатывается по рабочей поверхности линейки 10 и постоянно прижимается к ней пружинами 11. Цикл работы продольного суппорта следующий: 1) быстрый подвод суппорта к заготовке (участок а -б); 2) врезание резцов при перемещении ролика 7 по конусной поверхности линейки 10 (участок б-в); 3) обтачивание заготовки при рабочей подаче (участок в-г); 4) отскок суппорта назад в поперечном направлении (участок г-д); 5) быстрый отход суппорта в исходное правое положение (участки д-е, е-и, и-к); 6) перемещение суппорта вперед в первоначальное рабочее положение (участок к-а).

Отскок суппорта в конце обработки (примерно на 1 мм) и возврат его в первоначальное положение в конце отхода назад (участки траектории г-д и к-а) осуществляются с помощью планок 6 и 8. Обе планки перемещаются вместе с суппортом, при этом планка 6 может перемещаться относительно суппорта в продольном направлении. В начале работы суппорта обе планки установлены относительно друг друга так, что соприкасаются выступами (как показано на рисунке). В конце обтачивания планка 6 подходит к упору 9 и смещается им относительно планки 8 вправо, в результате чего ее выступы устанавливаются против впадин планки 8.

Суппорт 12 вместе с роликом 7, линейкой 10 и планкой 8 под действием пружины 11 отскакивает назад на глубину впадины планки 8. В результате этого резцы при отходе суппорта вправо не касаются обработанной поверхности детали. После возвращения суппорта в исходное правое положение планка 6 касается второго упора 5 и смещается им влево в первоначальное положение, т. е. ее выступы устанавливаются опять против выступов планки 8. В результате суппорт с резцами, линейка 10 и планка 8 устанавливаются в первоначальное рабочее положение (точка а).

Многолезцовый токарный полуавтомат мод. 1Н713 предназначен для высокопроизводительной черновой и чистовой обработки в условиях серийного и массового производства заготовок шестерен, валов, колец, фланцев и других деталей в патроне или

центрах при помощи многорезцовой наладки или копира. Станок можно встраивать в автоматические линии.

Кинематическая схема станка изображена на рис. 79. От электродвигателя *11* через клиноременную передачу *1—2*, вал *I*, сменные зубчатые колеса *a—b*, вал *II*, зубчатые колеса *3—4* или *5—6*, вал *III* и зубчатые колеса *7—8* вращение передается шпинделю *IV*.

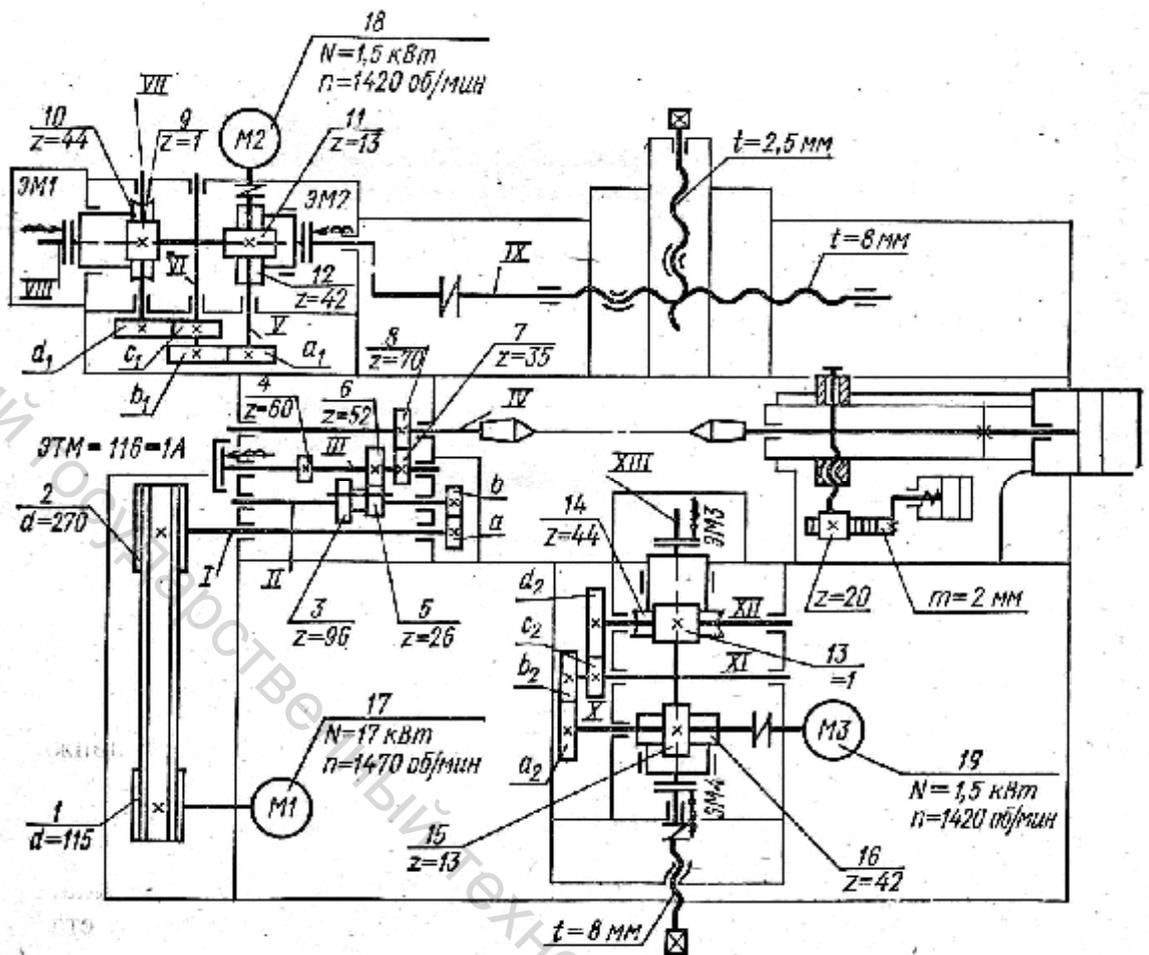


Рис. 79 Кинематическая схема полуавтомата мод. 1Н713.

Движения подачи продольного и поперечного суппортов осуществляются от автономных коробок подач (АКП-2). Рабочее движение продольного суппорта осуществляется по цепи: электродвигатель *18*, гитара сменных колес *a₁—b₁*, *c₁—d₁* червячная передача *9—10*, муфта ЭМ1, ходовой винт *IX*, суппорт.

Быстрое перемещение продольного суппорта осуществляется по цепи: электродвигатель *18*, вал *V*, винтовая зубчатая передача *11—12*, муфта ЭМ2, ходовой винт *IX*, суппорт.

Рабочее движение поперечного суппорта осуществляется по цепи: электродвигатель *19*, гитара сменных колес *a₂—b₂*, *c₂—d₂*, червячная передача *13—14*, муфта ЭМ3, вал *XIII*, ходовой винт, суппорт.

Быстрое перемещение поперечного суппорта осуществляется по цепи: электродвигатель *19*, вал *X*, винтовая зубчатая передача *15—16*, муфта ЭМ4, вал *XIII*, ходовой винт, суппорт.

8.6.2. Токарно-копировальные полуавтоматы.

Образование фасонной поверхности детали при обработке заготовки на копировальном полуавтомате осуществляется одним резцом, установленным в копировальном суппорте. Принцип действия гидравлических копировальных устройств основан на применении следящих золотников.

На рис. 80 показана принципиальная схема гидравлического привода суппорта токарно-копировальных полуавтоматов. Копировальный суппорт *1*, имеющий поперечное перемещение, жестко связан с корпусом *2* следящего золотника и со штоком поршня неподвижного гидроцилиндра *3* поперечной подачи. Продольная подача салазок суппорта осуществляется с помощью гидроцилиндра *4*. Плунжер *9* следящего золотника прижимается пружиной к

рычагу 5, наконечник которого (щуп) находится в контакте с неподвижным шаблоном или эталонной деталью. Таким образом, рычаг 5 удерживает плунжер золотника в определенном положении относительно копира. При перемещении щупа вверх или вниз плунжер получит такое же перемещение.

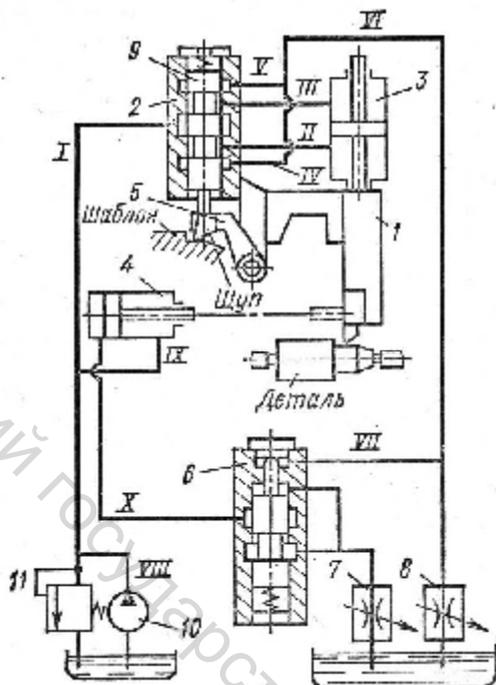


Рис. 80 Принципиальная гидравлическая схема копировального полуавтомата.

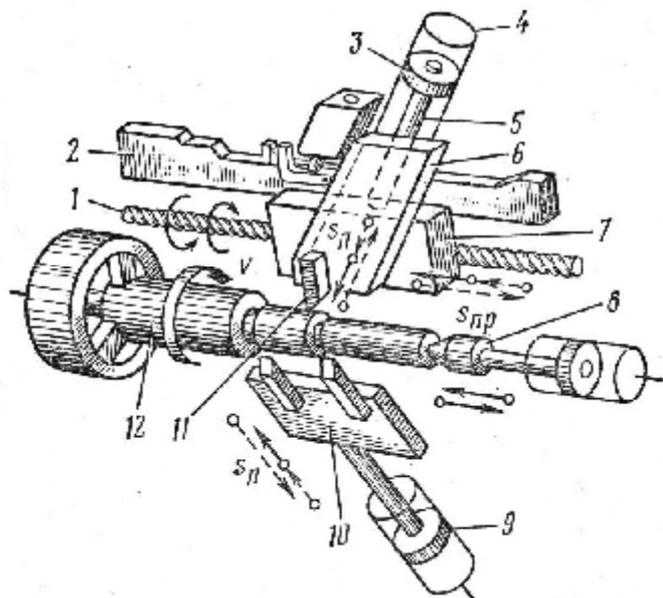


Рис. 81 Схема работы и движения в станке.

При смещении плунжера вверх масло от насоса 10 по трассам VIII и I поступает в среднюю полость корпуса 2, а затем по трассе II ~ в нижнюю полость цилиндра 3, и поршень вместе с суппортом 1 получит движение в том же направлении, что и плунжер. Вместе с суппортом будет перемещаться и корпус 2 золотника, который в результате займет первоначальное положение относительно плунжера (как показано на схеме). Подача масла через золотник прекратится, и суппорт остановится. То же произойдет при перемещении плунжера золотника по шаблону вниз.

Таким образом, перемещение щупа, а вместе с ним и плунжера вверх или вниз вызывает такое же перемещение поршня гидроцилиндра и связанного с ним суппорта 1 с резцом. Поэтому резец, повторяя движение щупа, будет обрабатывать деталь по профилю копира. Масло, вытесняемое из верхней полости цилиндра 3 (при движении поршня вверх) или из его нижней полости (при движении вниз), идет по трассам III или II, затем через крайние выточки в корпусе золотника поступает в трассу V или IV, далее - в трассу VI и через дроссель 8 сливается в бак.

В процессе обработки, помимо поперечного перемещения салазок (одна координата), сообщается и продольное перемещение каретке суппорта (другая координата). При этом масло от насоса 10, пройдя по трассам VIII, I и IX, через распределительное устройство (на схеме не показано) подается в правую полость цилиндра 4, и шток поршня перемещает каретку суппорта влево. Масло из левой полости цилиндра по трассе X через автоматический регулятор скорости 6 и дроссель 7 сливается в бак. Таким образом, резец может получать движение подачи по двум координатам. Результирующая подача резца определяется величиной проходных сечений дросселей 7 и 8, первый из которых регулирует скорость продольной подачи, а второй — поперечной. Клапан 11 предохраняет систему от перегрузки и отводит излишки масла в бак.

По принципу работы эти станки (рис. 81) во многом похожи на копировальные полуавтоматы. Обработка основного профиля заготовки 12, устанавливаемой в центрах шпиндельной и задней бабок, производится резцом 11 копировального суппорта. При этом обработку можно производить как одним резцом, так и блоком резцов (до шести-восьми), или же

резцами с двух накладных копировальных суппортов с независимым управлением каждым суппортом по отдельному копиру.

Операции по проточке канавок, подрезке торцов и другие выполняются резцами поперечного суппорта 10, который в отличие от суппорта копировальных полуавтоматов выполнен в виде отдельного узла с самостоятельным приводом. Это позволяет при использовании двух поперечных суппортов обеспечить их независимую работу.

Продольная (задающая) подача каретки 7 копировального суппорта в этих полуавтоматах механическая и производится с помощью передачи ходовой винт - гайка. Гайка этой передачи жестко закреплена на каретке 7. При реверсировании ходового винта / копировальный суппорт перемещается влево или вправо.

Поперечное перемещение верхней части 6 копировального суппорта осуществляется однокоординатной гидравлической следящей системой, управляемой от копира 2. Верхняя часть суппорта, как и в копировальных полуавтоматах, жестко соединена с гидроцилиндром 4, а неподвижный поршень 3 посредством штока 5 - с продольной кареткой суппорта. Перемещение поперечного суппорта и пиноли задней бабки 8 осуществляется также гидроприводом, однако здесь суппорт 10 связан непосредственно с поршнем 9 гидроцилиндра.

Токарно-копировальный полуавтомат мод. 1713. Назначение - черновая и чистовая обработка в центрах деталей типа валов с прямолинейными и криволинейными образующими. Станок гидрофицирован, снабжен однокоординатной следящей системой и обеспечивает обработку деталей одним или несколькими резцами, или же многолезцово-копировальным способом.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 82.

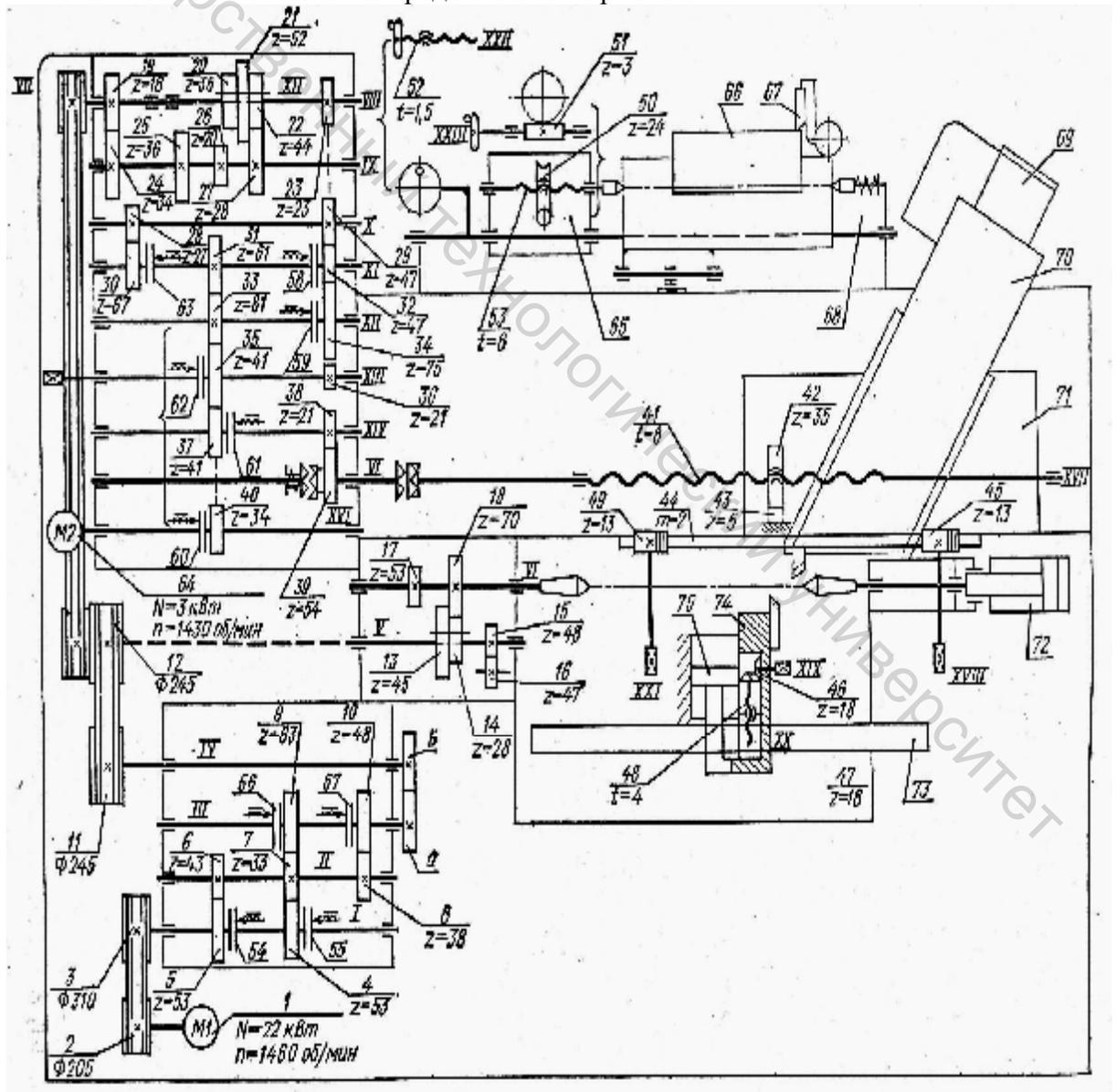


Рис. 82 КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА СТАНКА МОД. 1713

ГЛАВНОЕ движение осуществляется от электродвигателя / через ременную передачу 2, 3, четырехступенчатую коробку скоростей 4, 10 и гитару скоростей *a-b*, ременную передачу 11-12, вал *V* колеса 13-17 или 14-18. Привод суппортов и пиноли задней бабки - гидравлический. Продольную подачу копировального суппорта 71 осуществляет винтовая пара 41-42, а поперечное перемещение его салазок 70 — гидроцилиндр 69. Щуп, находящийся в контакте со штоком следящего золотника (на рисунке не показаны), упирается в эталонную деталь 66, закрепленную в центрах бабок 65 и 68. Поперечную подачу поперечный (подрезной) суппорт 74 получает от гидроцилиндра 75.

Управление автоматическим циклом движения суппортов, перемещения и зажима пиноли задней бабки осуществляется системой электроавтоматики трех гидропанелей: копировального суппорта, подрезного суппорта задней бабки. Гидравлическая панель копировального суппорта выполняет следующие движения: быстрый продольный подвод, ускоренное поперечное перемещение, копирование на первой или второй рабочей подаче, быстрый отвод в продольном и поперечном направлениях; «стоп» в любом положении.

8.6.3. Автоматы фасонно-отрезные и фасонно-продольного точения.

Фасонно-отрезные автоматы предназначены для изготовления деталей из прутка с наибольшим диаметром до 40 мм. Они применяются в основном в крупносерийном и массовом производстве. На рис. 83,а показана схема работы автомата. Пруток закрепляется во вращающемся шпинделе 1 с помощью цангового патрона. Суппорты 2 перемещаются в поперечном направлении и несут фасонные и отрезные резцы. Пруток подается с помощью специального подающего устройства до откидного упора 3. Некоторые модели фасонно-отрезных автоматов имеют продольный суппорт, позволяющий при подаче вдоль оси детали сверлить отверстия. Автоматы фасонно-продольного точения предназначены для изготовления из прутка деталей диаметром до 25 мм. На рис. 83,б дана схема работы автомата. Главным движением является вращение заготовки, закрепленной в шпинделе 11, движением продольной подачи s_1 — перемещение шпиндельной бабки 12 с прутком по направляющим станины относительно резцов 8 и 6, закрепленных в суппортах 9 и 4. Резец 8 может перемещаться только в поперечном направлении при фасонном обтачивании или отрезке, осуществляя поперечную подачу s_2 . Станок имеет обычно несколько вертикальных суппортов и суппорт 4 балансирного типа, несущий два резца 6 и совершающий качательное движение вокруг оси 5. Этим суппортом можно также производить фасонное обтачивание и отрезку. Фасонное обтачивание осуществляется при совместном продольном перемещении заготовки и поперечном перемещении резца, закрепленного в вертикальном или балансирном суппортах, отрезка осуществляется при поперечном перемещении резца 8.

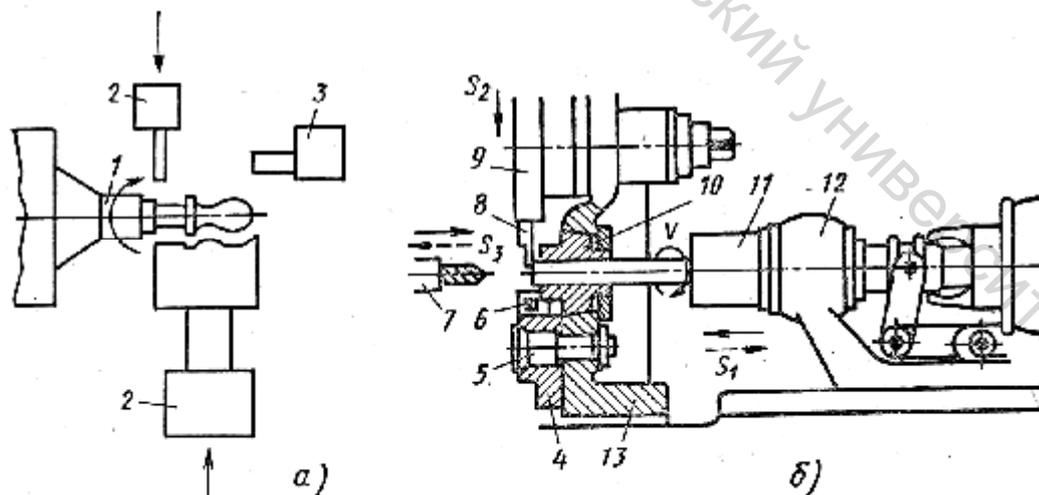


Рис. 83 Схема работы автоматов.

Сверление, зенкёрование, нарезание резьбы метчиком или плашками производятся с помощью специальных приспособлений 7, устанавливаемых слева против шпиндельной бабки. Шпиндель приспособлений имеет иногда независимое поступательное s_3 и враща-

тельное движения. При сверлении, зенкеровании, развертывании продольная подача складывается из продольных подач шпинделя станка s_1 и шпинделя приспособления s_3 . Для устранения прогиба и вибрации прутка при его обтачивании передний конец прутка пропускается через отверстие люнета 10 , закрепленного на суппортной стойке 13 , которая установлена на станине.

8.6.4. Токарно-револьверные автоматы.

Автомат мод. 1Б140 предназначен для серийного и массового производства деталей из круглого, квадратного и шестигранного калиброванного прутка. В качестве приспособления станок может иметь магазинное устройство для обработки деталей из штучных заготовок.

На основании установлена станина со шпиндельной бабкой, револьверным суппортом, имеющим шестипозиционную револьверную головку, и поперечными суппортами: двумя горизонтальными (передним и задним) и двумя вертикальными. На переднем поперечном суппорте расположен продольный суппорт, который может перемещаться в горизонтальной плоскости параллельно оси шпинделя или под углом к нему.

Инструментом револьверной головки, имеющей продольное перемещение, производится обтачивание, обработка отверстий и нарезание резьбы. Инструментом поперечных суппортов производится обработка фасонных поверхностей, подрезка, снятие фасок и отрезка готовой детали. Инструментом продольного суппорта производятся точение конусов и другие операции.

Кинематическая схема автомата имеет три механически независимые цепи (рис. 84): главного движения, подачи и вспомогательных перемещений.

Главное движение шпиндель V получает от электродвигателя 1 через коробку скоростей $2 \dots 12$ и клиноременную передачу $13-14$. Точение и сверление на револьверных автоматах производят при левом вращении шпинделя. При помощи сменных колес $a_1 - b_1$ шпиндель может получить три правые и три левые скорости вращения.

Привод подачи и вспомогательных перемещений. Вспомогательный вал $VII - VUI$ вращается от электродвигателя 20 через червячную пару $21 - 22$ и кулачковую муфту 72 . Вспомогательный вал делает 2 об/с, а при выключенной муфте 12 его можно вращать вручную маховиком 30 . От вспомогательного вала через червячную передачу $24-25$ вращение передается командоаппарату 26 переключения скоростей шпинделя путем включения соответствующих электромагнитных муфт в коробке скоростей.

Через зубчатые колеса $27-28-29$ вращение сообщается валу IX и барабанам 92 и 86 механизмом подачи и зажима прутка. Револьверная головка 43 при включении муфты 75 поворачивается при помощи колес $36-37-38$, $39-40$ и мальтийского механизма $41-42$. От вала $VIII$ через коробку подач и червячную пару $44-45$ вращение передается первому распределительному валу XV , а через передачи $58-59$ и червячную пару $60-61$ - второму распределительному валу XVI . Валы XV и XVI вращаются с одинаковой частотой.

На распределительном валу XVI установлены цилиндрический кулачок 78 , осуществляющий подачу продольного суппорта 46 , и барабаны 19 , 80 и 81 , включающие однооборотные муфты: 73 — поворота барабана командоаппарата 26 ; 74 — подачи и зажима прутка; 75 — поворота револьверной головки 43 . Перед подачей прутка кулачок 88 (вал $XVIII$) при помощи зубчатого сектора 47 и колеса 48 поворачивает качающийся упор и устанавливает его против переднего торца шпинделя. После подачи прутка упор отходит в исходное положение. На валу XVI установлены дисковые кулачки 82 , 83 , 84 и 85 . Первые два — для подачи вертикальных (50 и 51) суппортов, а вторые для подачи поперечных (52 и 53) суппортов.

На распределительном валу XV расположены дисковый кулачок 93 перемещения револьверного суппорта, барабан 90 лотка 54 , отделяющего готовые детали от стружки, и барабан 91 муфты 76 переключения частоты вращения распределительных валов. Медленное вращение последних осуществляется от вспомогательного вала $VIII$ через зубчатые колеса коробки подач $32-35-63$ и сменные колеса $a - b$ или $c - d$, или $e-f$, а быстрое — через колеса $31-34$, $33-62-64$.

Для вспомогательных движений служит электродвигатель 65 , с помощью которого можно вращать быстросверлильный шпиндель 49 , установленный в одном из гнезд револьверной головки. Этот шпиндель, вращаясь в направлении, обратном вращению заготовки,

позволяет получить достаточно высокую скорость резания при сверлении отверстий малого диаметра.

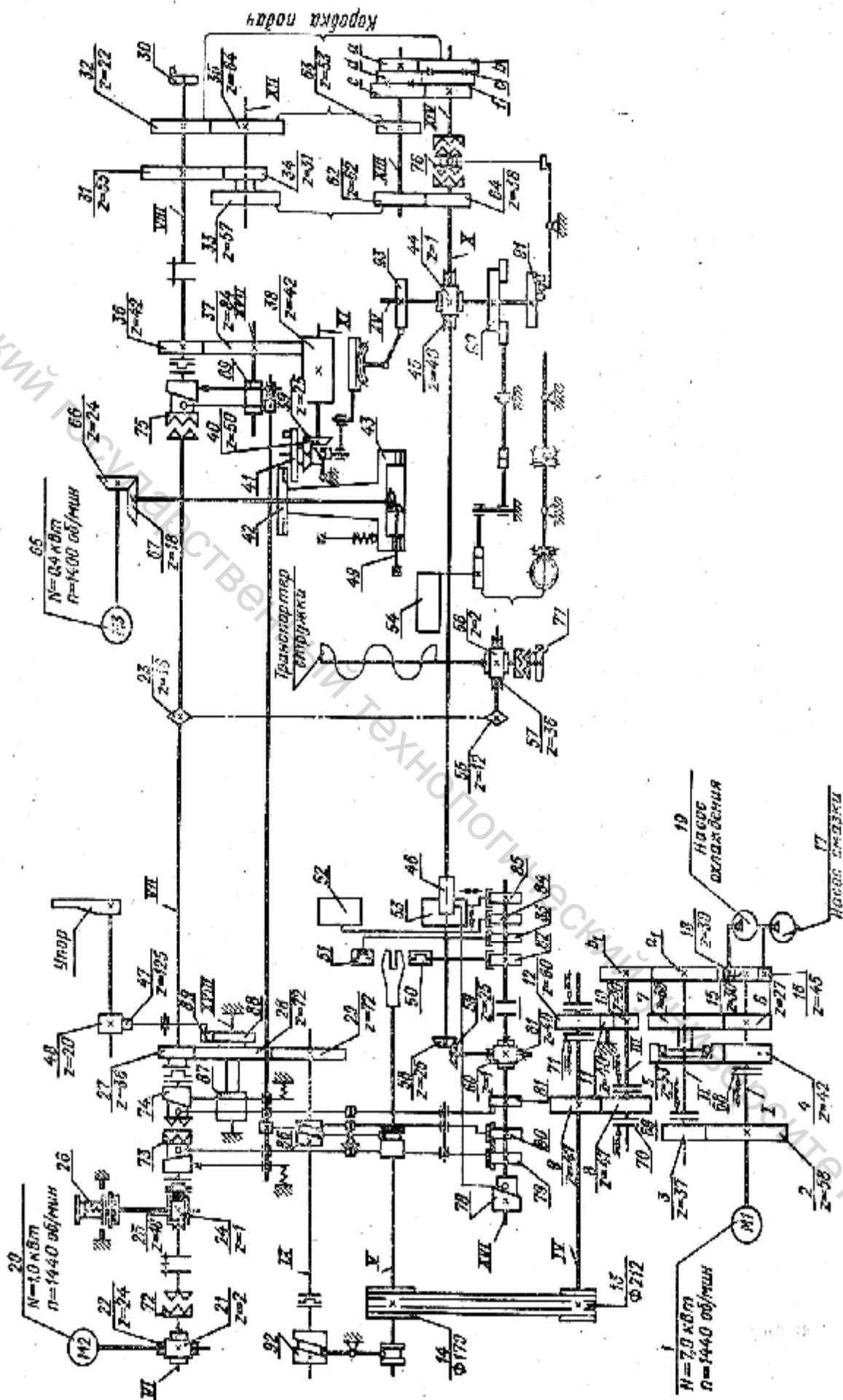


Рис. 84 Кинематическая схема автомата мод. 1Б140

8.6.5. Многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы.

Отличительной особенностью многошпиндельных автоматов и полуавтоматов является наличие нескольких одновременно работающих шпинделей.

Основным узлом автомата является шпиндельный блок / (рис. 85,а), в котором расположены шпиндели 2 с заготовками 3. Шпиндельный блок периодически поворачивается, и шпиндели занимают новое положение. Каждому положению шпинделя присваивают наименование: позиция /, позиция // и т. д. В каждой позиции выполняется определенная операция. Против каждого шпинделя в суппорте установлен режущий инструмент, производящий определенную для данной позиции операцию.

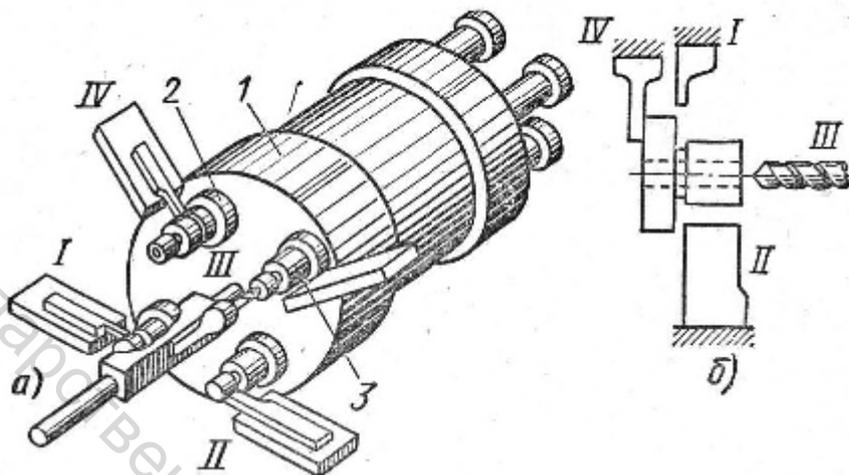


Рис. 85 Схема многошпиндельного токарного полуавтомата.

Допустим, что нам необходимо изготовить деталь, показанную на рис. 85,б. В позиции / пруток подается до упора и зажимается, а затем резцом поперечного суппорта прорезается канавка. После поворота блока заготовка займет позицию //, где резцом второго поперечного суппорта обрабатывается наружная поверхность. Блок снова поворачивается, и деталь оказывается в позиции III, где сверлом, установленным в продольном суппорте, сверлится отверстие. В позиции IV отрезается готовая деталь.

Шестишпиндельный токарный автомат мод. 1Б240-6К. Автомат предназначен для обработки деталей из прутков.

Каждая позиция шпинделей обслуживается продольным и поперечным суппортами. Две верхние позиции могут оснащаться дополнительными устройствами, имеющими независимую подачу. В пяти позициях продольного суппорта могут быть установлены приспособления для сверл, разверток, резбовых плашек и пр.

На рис. 86 представлена кинематическая схема станка.

Главное движение шпиндели получают от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 8 — 9, колеса 36—37, сменные колеса а — б, с—d, центральный вал IV и центральное колесо 20, связанное с колесами 14 шести шпинделей XXII, которые вращаются с одинаковой частотой.

Движение подачи и холостых ходов осуществляется кулачками 73 и 74, установленными на распределительном валу XIII и валу XIV. В период рабочих движений распределительный вал вращается медленно, а при вспомогательных движениях — быстро, с постоянной угловой скоростью. Медленное вращение он получает от центрального вала IV через передачи 32 — 42, сменные колеса e — f, g — h, колеса 31 — 44, электромагнитную муфту 60, колеса 29-30, 28-46 и червячную передачу 45-47; быстрое вращение — от электродвигателя / по цепи передач 8—9, муфты 58,

колес 38-39, 28-46 и червячной пары 45-47. При включении муфты 58 или 60 муфта 61 отключается, а тормозная муфта 59 включается.

Привод командоаппарата. Командоаппарат 69 осуществляет включение рабочего и быстрого вращения распределительного вала XIII, реверс инструментальных шпинделей и другие командные и блокировочные функции и связан с распределительным валом посред-

ством зубчатых колес 27, 24, 23, 22. При настройке станка распределительному валу сообщают вращение от специального электродвигателя 2 через зубчатые колеса 43-25-26, муфту 61, колеса -46 и червячную передачу 45-47.

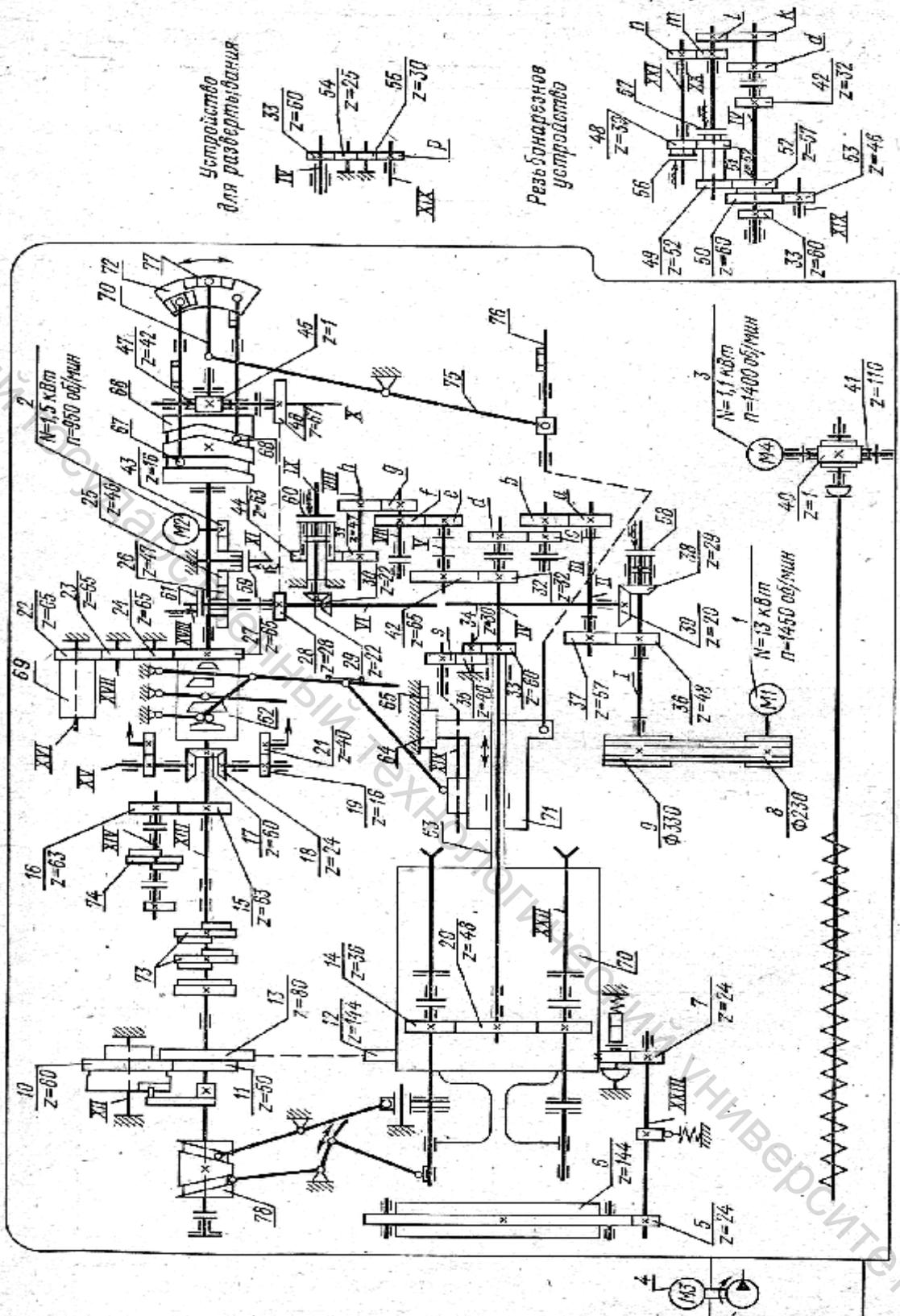


Рис. 86 Кинематическая схема токарного автомата мод. 1Б240-6К.

Подача суппортов производится через систему рычагов от кулачков, закреплены на распределительном валу.

Привод устройств с независимой подачей. К этим устройствам носят инструментальные шпиндели для сверл, разверток, резьбонарезного инструмента и др., устанавливаемые при необходимости четырех верхних позиций продольного суппорта. Они получают движения подач, независимые от продольного суппорта, от барабана 62.

Быстросверлильный шпиндель XIX устанавливается на продольном суппорте и, вращаясь в направлении, обратном шпинделю изделия, обеспечивает повышение скорости резания при обработке отверстий малого диаметра. Вращение этот шпиндель получает от центрального вала IV через зубчатые колеса 33-34, 35 и сменное колесо *s*. Привод инструментального, шпинделя XIX осуществляется от центрального вала IV через зубчатые колеса 55, 54, 55, *p*.

Резьбонарезное устройство. Резьбонарезные операции выполняются с использованием метода обгона, позволяющего обойтись без реверсирования шпинделя. Сущность метода состоит в том, что деталь и инструмент вращаются в одну сторону, но относительная скорость их вращения различна: скорость вращения детали постоянна, а инструмента — изменяющаяся.

Резьбонарезной шпиндель XIX (см. рис. 86) вращается от центрального вала IV через сменные зубчатые колеса *k - l*, *m - n*, зубчатые колеса 48-51, 49 — 52 и 50 — 53. Изменение частоты вращения этого шпинделя производится путем переключения электромагнитных муфт 56 и 57. При включении муфты 56 движение на шпиндель XIX передается от центрального вала IV через сменные колеса *k - l*, *m - n*, муфту 56, колеса 48—51, 40-52 и 50-53. При включении муфты 57 движение на шпиндель передается через сменные колеса, *k - l*, муфту 57, колеса 49 — 52 и 50 — 53. Движение подачи, необходимое для нарезания резьбы, инструментальный шпиндель получает от привода независимой подачи.

Поворот блока шпинделей осуществляется от распределительного вала XIII (см. рис. 86) при быстром его вращении с помощью мальтийского механизма и зубчатых передач 10 — 11 и 13-12. Перед поворотом Шпиндельного блока производится его расфиксация, а также подъем над постоянными опорами на величину 0,3 — 0,4 мм для предотвращения износа опорных поверхностей. Это осуществляется специальными механизмами. Одновременно со шпиндельным блоком через зубчатые колеса 12—7, вал XXIII, колеса 5 — 6 поворачивается барабан с направляющими трубами. Механизмы подачи и зажима прутка приводятся в действие кулачковым барабаном 78, установленным на распределительном валу XIII.

Продольный суппорт представляет собой шестигранник, перемещающийся по круглой направляющей 63, прикрепленной к блоку шпинделей. На каждой из граней суппорта могут быть установлены инструментальные шпиндели. Ползун суппорта 64 скользит по направляющей 65, закрепленной на траверсе станины, что предохраняет суппорт от проворачивания на круглой направляющей 63. Суппорт соединен через штангу 76, рычаг 75 и тягу 70 с переставным камнем 77, установленным в пазе кулисы 72. На барабане 66 имеются канавки рабочего 67 и быстрого 68 ходов суппорта. Камень 77 переставляется при наладке кулисы и закрепляется в положении, соответствующем требуемому рабочему ходу суппорта. В настоящее время горизонтальные многошпиндельные автоматы выпускаются: четырехшпиндельные с максимальным диаметром прутка $d = 20 \div 125$ мм, шестишпиндельные с $d = 25 \div 100$ мм и восьмишпиндельные с $d = 20 \div 80$ мм.

Многошпиндельные полуавтоматы.

Горизонтальные многошпиндельные полуавтоматы предназначены для изготовления деталей из литых и штампованных заготовок. Проектируют их обычно на базе шестишпиндельных автоматов. Главное отличие этих полуавтоматов состоит в том, что установку в патрон штучных заготовок производят вручную. Поэтому шпиндель, попадающий в загрузочную позицию, останавливается для снятия, готовой детали и установки новой заготовки, в то время как все остальные шпиндели продолжают вращаться, производя обработку деталей. По окончании загрузочной операции шпиндель начинает вращаться, и после поворота блока заготовка, попадая в очередную позицию, обрабатывается. В загрузочной позиции имеются устройства для включения и выключения вращения шпинделя и зажима заготовки в патроне.

В остальном устройство горизонтальных многошпиндельных полуавтоматов не отличается от устройства автоматов. На этих полуавтоматах можно обрабатывать заготовки диаметром 80—250 мм.

Вертикальные многошпиндельные полуавтоматы. Токарную обработку литых и штампованных средних и крупных заготовок удобно производить на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах. Современные полуавтоматы этого типа имеют 4—16 рабочих шпинделей. Их вертикальная компоновка позволяет удобно загружать тяжелые заготовки и

выгружать готовые детали. Шпиндели станка разгружены от изгибающей нагрузки, вызываемой весом заготовки; станок занимает мало места.

По принципу работы эти станки мало отличаются от рассмотренных выше горизонтальных многшпиндельных полуавтоматов. Их особенность заключается лишь в том, что работа шпинделей и суппортов в отдельных позициях независима в своей кинематической настройке. По числу рабочих позиций станок имеет пять отдельных секций привода главного движения и подачи. В каждой секции находятся звенья настройки частоты вращения шпинделя и величины подачи суппорта.

Вертикальный шестишпиндельный полуавтомат 1286-6. Назначение станка — обработка круглых литых, кованных и штампованных заготовок из черных и цветных металлов.

В станке осуществляются следующие движения: вращение шпинделей, рабочая подача суппортов, быстрое установочное перемещение суппортов, периодический поворот стола со шпинделями.

На рис. 87 представлена кинематическая схема одной из пяти секций привода главного движения и подачи (остальные четыре секции аналогичны этой), а также привод и механизм поворота стола со шпинделями.

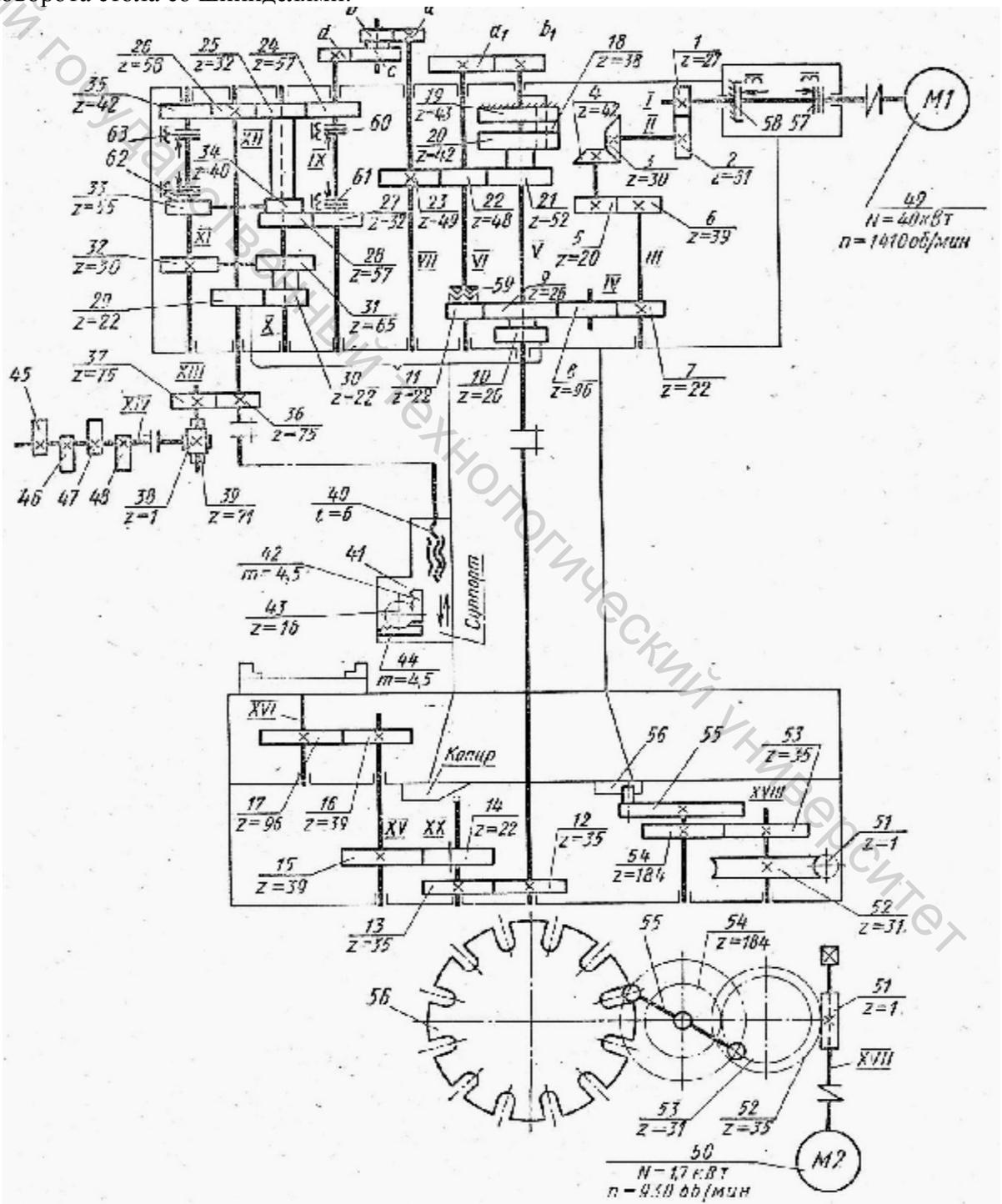


Рис.87 Кинематическая схема полуавтомата мод. 1286-6.

Главное движение осуществляется от электродвигателя 49 через зубчатые колеса 1-2, 3-4, 5-6, 7-8-9-11, $a_1 - b_1$, 12-13, 14-15 и 16—17. Скользящее зубчатое колесо 14 во время поворота стола копиром, закрепленным в нижней части стола, выводится из зацепления с колесом 15, а после поворота входит в зацепление с другим зубчатым колесом, вошедшим в эту позицию. Частота вращения шпинделей в каждой позиции регулируется своим звеном настройки $a_1 - b_1$. Электродвигатель 49 обслуживает все пять рабочих позиций.

Цепь подачи. Суппорт 41 получает рабочую подачу по кинематической цепи от шпинделя XVI через зубчатые колеса 17—16, 15 — 14, 13—12, 18-19-20, 21-22-23, $a-b$, $c-d$, зубчатые передачи 24-25-26 (нормальная подача) или 27—28, 25-26 (мелкая подача), винт 40.

С помощью специального приспособления инструмент может получать также горизонтальную подачу или подачу под углом. В данном случае на суппорт устанавливается каретка, которая перемещается от механизма, состоящего из реек 42 и 44 и зубчатого колеса 43. Винт 40 в этом случае перемещает вниз не весь суппорт, а рейку 42, каретка же с инструментом связана с рейкой 44, которую можно устанавливать горизонтально или под углом, поворачивая вокруг колеса 43.

Быстрое установочное перемещение вверх или вниз суппорт получает от электродвигателя 49 до зубчатого колеса 9 по той же цепи и далее при отключенной муфте 59, через зубчатые передачи 10-29-30, 31—32 на реверсивный механизм, состоящий из зубчатых колес 35-26, муфты 63 или 33-34, 25-26, муфты 62 и винт 40. Муфта 62 работает при быстром подводе суппорта, а муфта 63 — при его отводе.

Муфты 62 и 63 быстрых ходов суппорта заблокированы с муфтами рабочих подач 60 и 61. При включении первых вторые муфты выключаются и наоборот. Муфты управляются цепью, состоящей из передач 36—37 и 38-39. На валу XI/ имеются кулачки 45, 46, 47 и 48, которые воздействуют на соответствующие конечные выключатели, подключенные к цепи питания этих муфт.

Поворот стола со шпинделями. После окончания рабочих операций во всех позициях и отвода суппортов в верхнее положение, с позиции, выполняющей самую длительную операцию, муфтой 57 подается команда на отключение привода электродвигателя 49, муфтой 58 — на торможение всей системы и поворот стола. Последнее осуществляется от электродвигателя 50 через передачи 51—52, 53—54, водило 55 и мальтийский диск 56, закрепленный на столе. По окончании поворота стола выключается электродвигатель 50 и включается пусковая муфта 57 главного привода.

Мальтийский, механизм имеет 12 прорезей и поворачивается вместе со столом станка на 1/6 часть оборота в два приема, т. е. за один полный оборот двуплечего водила 55, причем каждое из плеч водила поворачивает стол на 1/12 часть оборота. Это сделано для уменьшения инерционных сил, которые возникают при повороте тяжелого стола.

Станок оборудован автоматизированным гидравлическим устройством для зажима детали, имеет механизированное загрузочное устройство и систему уборки стружки. Станки в шестишпиндельном исполнении выпускаются с диаметрами патронов 630 и 800 мм и в восьмишпиндельном исполнении с диаметрами патронов 250 и 400 мм.

9. Сверлильные и расточные станки.

Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий, рас-сверливания, зенкерования, развертывания, растачивания и нарезания резьбы. Основными формообразующими движениями при сверлильных операциях являются главное движение (вращательное) v и движение подачи s шпинделя станка рис. 88. Кинематические цепи, осуществляющие эти движения, имеют самостоятельные органы настройки i_v и i_s , посредством которых устанавливается необходимая частота вращения инструмента и его подача.

Сверлильные станки подразделяются на вертикально-сверлильные настольные и на-колонные, радиально-сверлильные, для глубокого сверления, центровальные и многошпин-дельные. Настольные станки строят для сверления отверстий в стальных деталях ($s_v = 500 + 600$ МПа) наибольшего условного диаметра 3; 6; 12 и 16 мм, вертикально-сверлильные и ра-диально-сверлильные станки — для сверления отверстий диаметром 18; 25; 35; 50 и 75 мм. Вылет радиально-сверлильных станков составляет 1300 — 2000 мм.

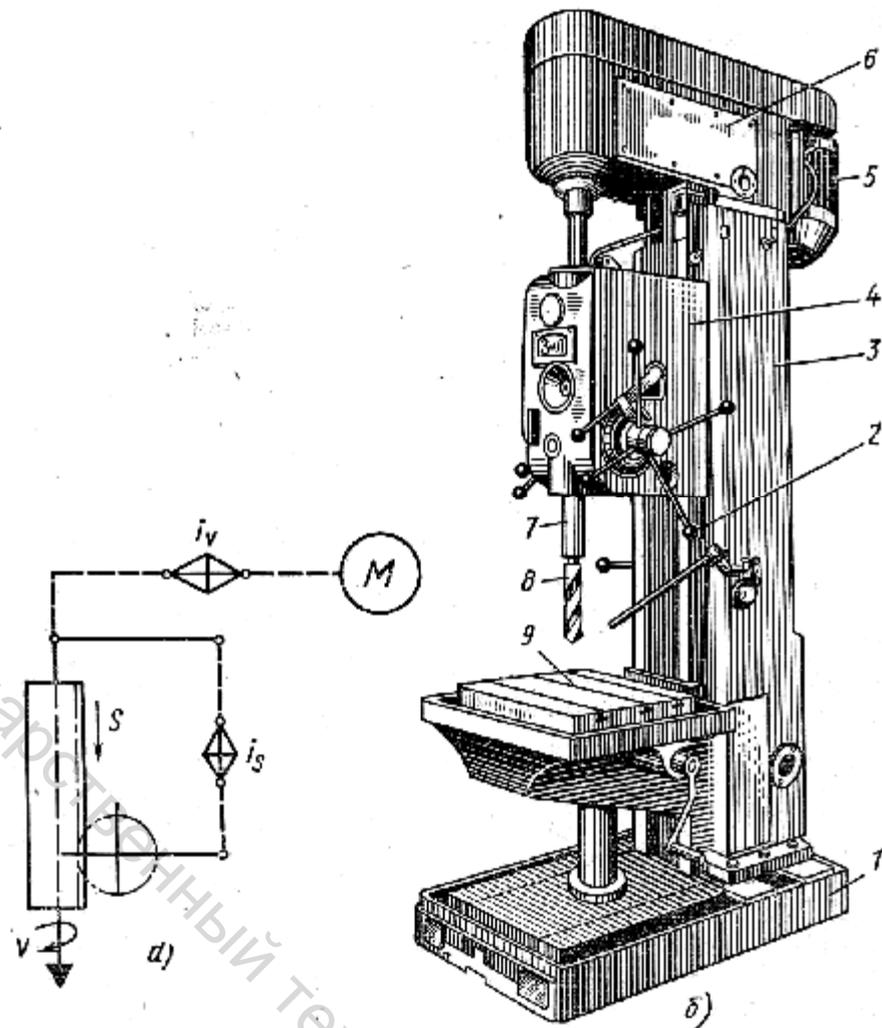


Рис. 88 Компановка вертикально-сверлильного станка.

9.1. Вертикально-сверлильные станки.

На рис. 89 представлена кинематическая схема вертикально-сверлильного станка 2Н118. Частота вращения шпинделя изменяется с помощью коробки скоростей. Приемный вал / вращается от электродвигателя 38 через передачу 7—2. Движение валу // сообщает одна из трех пар зубчатых колес 3 — 4, 5 — 6 и 7 — 8. Дальнейшее вращение передается одной из кинематических цепей 9-10, 8-11 или 12-13. Конечный вал /// коробки скоростей представляет собой полую гильзу, шлицевое отверстие которой передает вращение шпинделю V/. В итоге шпиндель имеет девять различных значений частот вращения в пределах 177 — 2840 об/мин. Реверсирование шпинделя, необходимое при резьбонарезных работах, осуществляется реверсированием электродвигателя.

Рабочая программа шпинделя осуществляется с помощью реечной передачи. Реечное колесо 29 находится в зацеплении с рейкой пинולי 30. При вращении колеса пиноль перемещается вертикально вместе со шпинделем. Станок имеет шесть различных подач, осуществляемых от шпинделя через цилиндрические зубчатые колеса 14—15 и коробку подач. Вращение валу VI сообщает одна из трех передач 16 — 17, 18 — 19, 20—21 и далее валу VII одна из двух передач 22 — 23 или 21 -24. Зубчатая передача 25 — 26. и червячная пара 27 — 28 сообщают вращение реечному колесу 29.

Коробка скоростей и подач, шпиндель и механизм подач смонтированы внутри сверлильной головки, которая может перемещаться вдоль колонны при вращении соответствующей рукоятки через червячную 31-32 и реечную 33 — 34 пары. Вертикальное перемещение стола производится также поворотом рукоятки через коническую 36 — 35 и винтовую 37 пары.

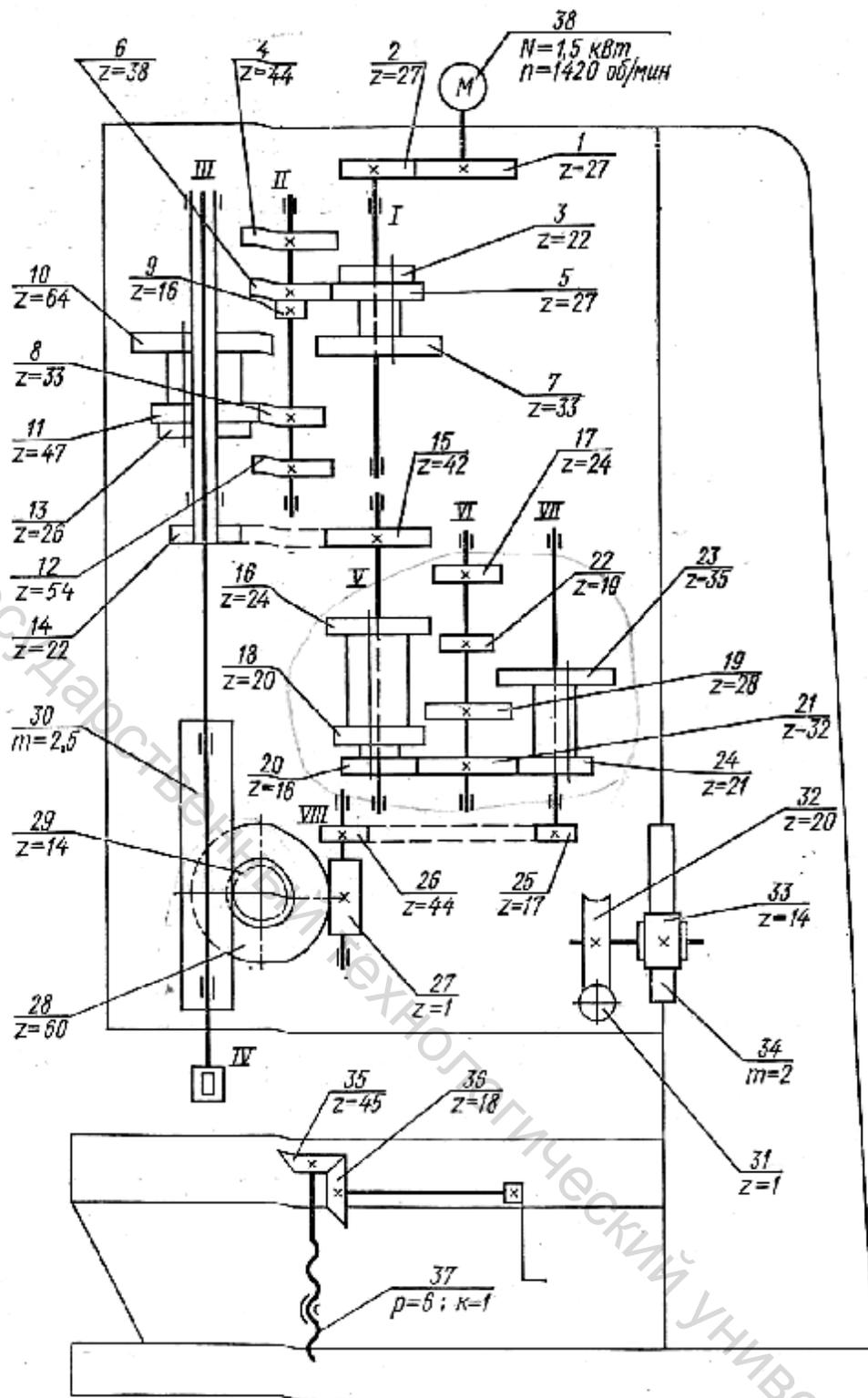


Рис. 89 Кинематическая схема станка мод. 2Н118.

9.2. Радиально-сверлильные станки.

Перемещение по плоскости стола крупногабаритных и тяжелых деталей сопряжено с большими неудобствами и потерей времени. Поэтому при обработке большого числа отверстий в таких деталях применяют радиально-сверлильные станки (рис. 90). При работе на них деталь остается неподвижной, а шпиндель со сверлом перемещается относительно детали и устанавливается в требуемое положение. На фундаментной плите 1 такого станка установлена тумба 2 с неподвижной колонной, на которую надета гильза 3, поворачивающаяся вокруг

колонны на 360° . На гильзе смонтирована траверса 4, которая имеет горизонтальные направляющие для перемещения сверлильной головки 5. Внутри головки размещены коробки скоростей и подачи и узел шпинделя 6. На передней крышке расположены органы управления.

Обрабатываемые детали устанавливают на столе 7 или непосредственно на верхней плоскости фундаментной плиты. Шпиндель 6 со сверлильной головкой может перемещаться в горизонтальном направлении, а вместе с траверсой 4 и гильзой 3 поворачиваться вокруг оси неподвижной колонны. Эти два движения обеспечивают установку инструмента по любым координатам. С помощью винта 8 траверса поднимается или опускается по гильзе и закрепляется на любой высоте. Гильза, в свою очередь, может быть зажата на колонне, а сверлильная головка — на траверсе. Перед сверлением отверстия гильзу и сверлильную головку фиксируют, а по окончании обработки освобождают. Механизмы зажима размещены в нижней части гильзы, над тумбой 2 и в сверлильной головке 5.

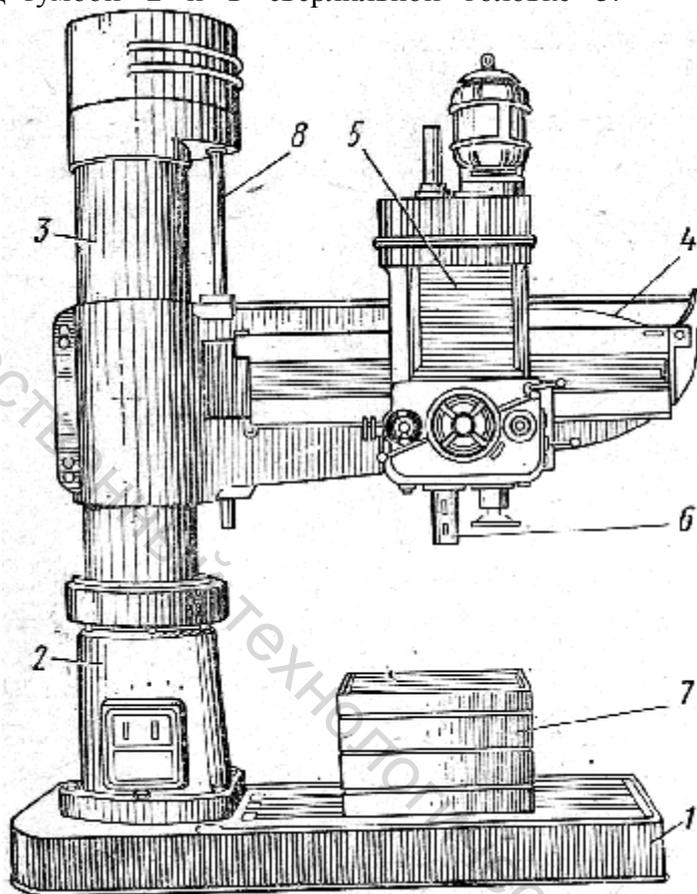


Рис. 90 Компановка радиально-сверлильного станка.

9.3. Горизонтально-расточные станки.

Расточные станки предназначены для обработки деталей в условиях единичного и серийного производств. Это — широкоуниверсальные станки, на которых можно производить черновое и чистовое растачивание отверстий, обтачивание наружных цилиндрических поверхностей и торцов отверстий, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, фрезерование плоскостей, нарезание резьбы и другие операции. Большое разнообразие различных видов обработки, производимых на расточных станках, позволяет в ряде случаев проводить полную обработку детали без перестановки ее на другие станки, что особенно важно для тяжелого машиностроения.

Характерной особенностью расточных станков является наличие горизонтального (или вертикального) шпинделя, который совершает движение осевой подачи. В шпинделе крепится режущий инструмент — борштанга с резцами, сверло, зенкер, фреза, метчик и др. В последнее время широкое применение начинают получать расточные станки с программным управлением, что сокращает время на переналадку станка, повышает производительность труда и улучшает качество обработки.

Витебский

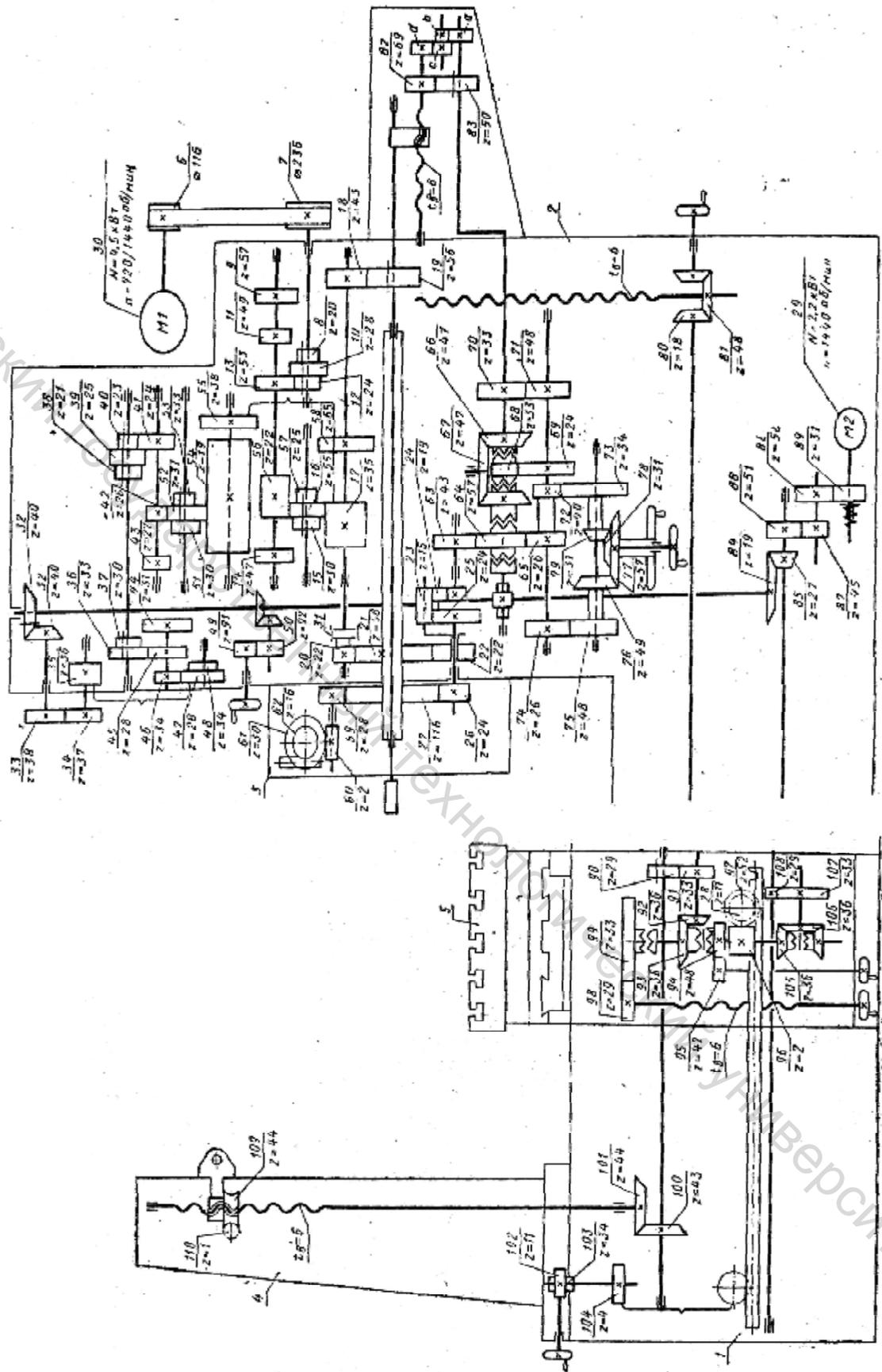


Рис. 91 Кинематическая схема станка мод. 2625.

В зависимости от характера выполняемых операций, назначения и конструктивных особенностей расточные станки можно подразделить на универсальные и специализированные. В свою очередь, универсальные станки разделяются на горизонтально-расточные, координатно-расточные и алмазно-расточные (отделочно-расточные). Для всех типов станков наиболее существенным параметром, определяющим все основные размеры станка, является диаметр расточного шпинделя.

Формообразующими движениями в расточных станках являются: вращение шпинделя и движение подачи. Подача сообщается либо инструменту, либо заготовке, в зависимости от условий обработки. Вспомогательными движениями являются: установочные перемещения шпиндельной бабки в вертикальном направлении, установочные перемещения стола в продольном и поперечном направлениях, установочное перемещение задней стойки с люнетом, перемещение люнета по стойке и т. д.

На рис. 91 показана кинематическая схема универсального горизонтально-расточного станка 2625. На станине / справа установлена передняя неподвижная стойка 2, по вертикальным направляющим которой перемещается шпиндельная бабка 3. С левой стороны станины установлена задняя стойка 4, которую можно перемещать по направляющим станины. Между стойками на направляющих станины расположен поворотный стол 5, который может совершать движения подачи в продольном и поперечном направлениях. В шпиндельной бабке, расположенной на передней стойке станка, помещается механизм главного движения и механизм подачи расточного шпинделя. Бабка может перемещаться вручную по направляющим стойки 2.

Рассмотрим основные кинематические цепи станка.

Главное движение — вращение расточного шпинделя и шпинделя планшайбы. Вращение шпинделям передается от двухскоростного электродвигателя 30, через ременную передачу 6—7, зубчатые передачи коробки скоростей 8—9, 10—11, 12—13, 14—15, 16—17, 18—19. При включении муфты 31 движение с вала коробки скоростей через колеса 20—21 будет передаваться на планшайбу. Коробка скоростей обеспечивает 18 различных значений частот вращения шпинделей.

Расточной шпиндель, помимо вращательного движения, может совершать также поступательное движение подачи в осевом направлении. Коробка подач позволяет получить 16 подач. Наличие ходового винта подачи шпинделя позволяет нарезать наружные и внутренние резьбы. Эта цепь настраивается при помощи гитары $a - b, c - d$.

Шпиндель планшайбы имеет суппорт, служащий для подачи инструмента в радиальном (поперечном) направлении при помощи планетарной передачи. Движение от шпинделя планшайбы к суппорту передается по двум кинематическим цепям. С одной стороны движение передается непосредственно от шпинделя через зубчатые колеса 21—22 с постоянным передаточным отношением 58 : 22 на водило. В этом случае колеса 23 и 24 совершают планетарное движение, вращая колесо 25. С другой стороны на это колесо передается движение от шпинделя через коробку подач станка. Движение, передаваемое по обоим кинематическим цепям, суммируется зубчатым колесом 25 и передается через колеса 26—27, червячную и реечную передачи суппорту планшайбы. Суппорт планшайбы имеет 16 подач, предельные значения которых будут $s_{\min} = 0,05$ мм/об, $s_{\max} = 8,1$ мм/об.

Шпиндельная бабка также имеет 16 ступеней вертикальной подачи по направляющим передней стойки в пределах от 0,1 до 16 мм/об планшайбы.

Стол станка совершает продольную подачу. Начальным звеном этой цепи является расточной шпиндель, конечным звеном — реечное колесо 28. Стол имеет 16 подач в пределах от 0,05 до 8,1 мм/об расточного шпинделя и от 0,1 до 16 мм/об шпинделя планшайбы. Ускоренное перемещение стола производится электродвигателем 29 быстрых перемещений.

9.4. Координатно-расточные станки.

Координатно-расточные станки предназначены для обработки отверстий, к которым предъявляются высокие требования по точности как диаметра, так и расположения относительно базовых поверхностей. Кроме того, на них возможно производить чистовое фрезерование, а также использовать как измерительные машины при контроле и точной разметке.

Для точного измерения координатных перемещений применяют механические, оптико-механические и электронные системы.

Координатно-расточный станок мод. 2Д450АМФ2. Станок имеет числовое программное управление и автоматическую смену инструмента.

При работе по программе на станке предусматриваются следующие режимы: автоматический, полуавтоматический, ввод информации вручную. Кинематическая схема станка приведена на рис. 92.

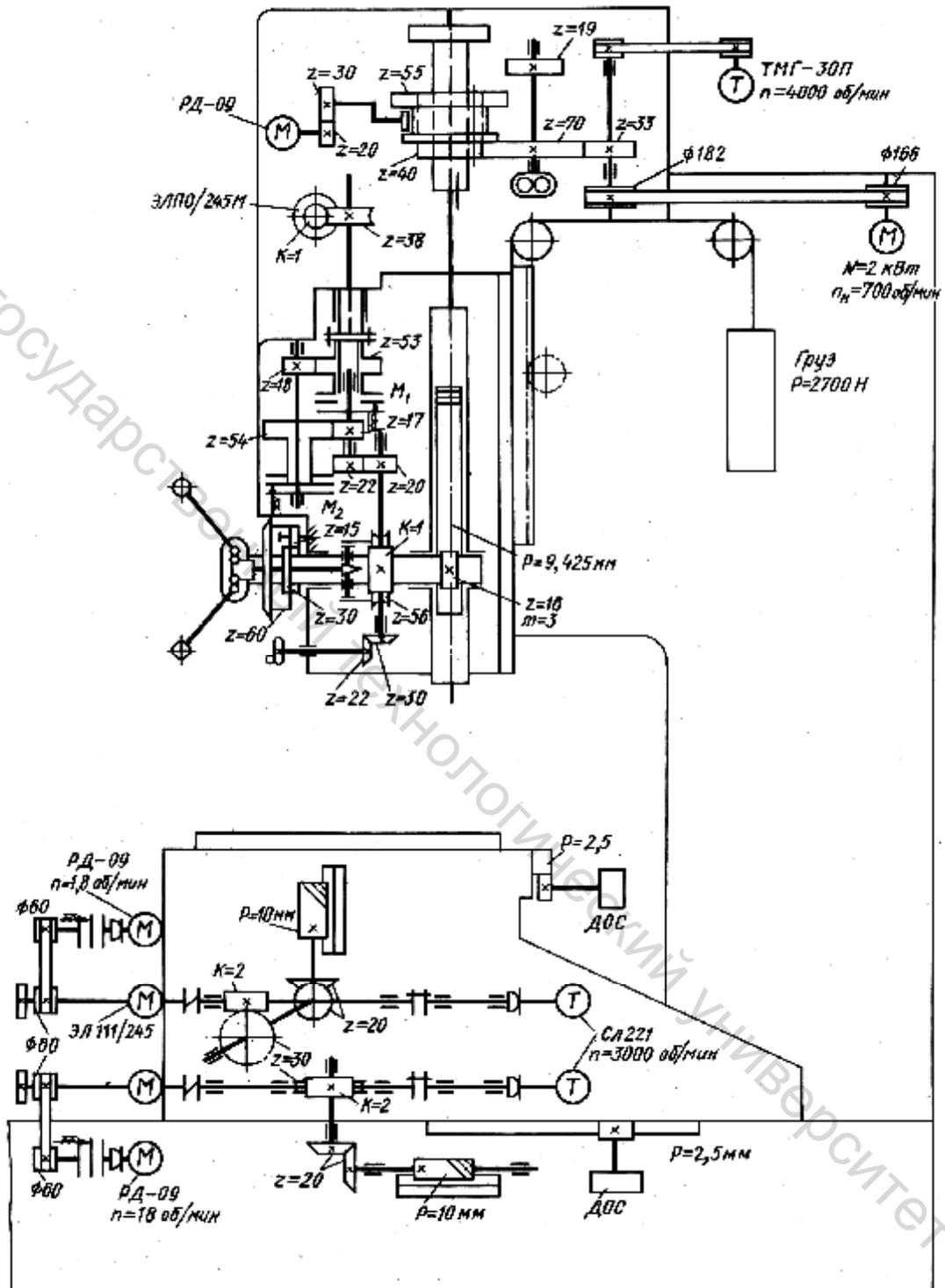


Рис. 92 Кинематическая схема станка мод. 2Д450АМФ2.

Главное движение (вращение расточного шпинделя) — осуществляется от регулируемого электродвигателя постоянного тока ($N_H=2$ кВт, $n_H=700$ об/мин) через клиноременную передачу и двухступенчатую коробку скоростей. Уравнение кинематического баланса

$$n_{эд} \frac{166}{182} \frac{33}{70} i_{к.с} = n_{шп}, \quad (9.1)$$

где $n_{эд}$ — частота вращения электродвигателя; $i_{к.с}$ — передаточное отношение коробки скоростей, $i_{к.с1} = \frac{70}{40}$; $i_{к.с2} = \frac{19}{55}$, $n_{шп}$ — частота вращения шпинделя, об/мин. (9.2)

Пределы частот вращения расточного шпинделя 32—2000 об/мин. Переключение ступеней коробки скоростей осуществляют с помощью двигателя РД-09, который через зубчатые колеса 20—30 поворачивает эксцентрик, перемещающий блок зубчатых колес.

2. *Движение вертикальной подачи* (перемещение гильзы шпинделя в вертикальном направлении) осуществляется от отдельного электродвигателя ЭЛПО/245М с широким диапазоном регулирования ($N_n = 0,245$ кВт, $n_n = 3600$ об/мин).

Вертикальная рабочая подача (мм/мин) включена муфта M_1 .

$$s_в = n_{эд} \frac{1}{38} \frac{22}{20} \frac{1}{56} p \cdot 3 \cdot 6 \quad (9.2)$$

Пределы рабочих подач шпинделя — от 2 до 250 мм/мин.

Ускоренная подача (мм/мин) включена муфта M_2 :

$$s_{сy} = n_{эд} \frac{1}{38} \frac{53}{18} \frac{54}{17} \frac{22}{20} \frac{1}{56} p \cdot 3 \cdot 6 \quad (9.3)$$

Медленное перемещение гильзы шпинделя вручную осуществляют маховиком, а быстрое — рукояткой:

Установочное вертикальное перемещение шпиндельной коробки осуществляется от отдельного привода (на схеме не показан). Контроль величины перемещения гильзы или шпиндельной коробки осуществляют датчиком обратной связи ДОС.

3. *Перемещение стола*. Перемещение детали в прямоугольной системе координат осуществляется движением стола по направляющим салазок и салазок по направляющим станины.

Перемещение стола и салазок осуществляется от двух независимых электродвигателей постоянного тока ЭЛ111/245 ($N_n = 0,245$ кВт, $n_n = 3600$ об/мин) с регулируемой в широком диапазоне частотой вращения, благодаря чему имеется возможность применять скорости перемещения, необходимые для фрезерования плоскостей, а также осуществлять ускоренные перемещения при установке координат. Уравнения кинематического баланса цепей продольного и поперечного перемещения стола:

$$n_{эд} \frac{2}{30} \frac{20}{20} \cdot 1 \cdot 10 = s_{np} \quad (9.4)$$

$$n_{эд} \frac{2}{30} \frac{20}{20} \cdot 1 \cdot 10 = s_n \quad (9.5)$$

Установку оси отверстия на детали относительно оси шпинделя осуществляют перемещением стола или салазок, которое контролируют специальным оптическим устройством. Оно установлено на точных стеклянных линейках, закрепленных в одном случае на столе (подвижная линейка), в другом — на станине (неподвижная линейка).

9.5. Алмазно-расточные станки.

Алмазно-расточные станки предназначены для финишной обработки отверстий. Тонкое (алмазное) растачивание обеспечивает высокую точность геометрической формы отверстий и малую шероховатость поверхности. Эти станки применяют для растачивания корпусных деталей станков, Цилиндров авиационных и автомобильных двигателей и других деталей. В зависимости от расположения оси вращения шпинделя станки подразделяются на вертикальные и горизонтальные, по числу шпинделей — на одношпиндельные и многошпиндельные.

Главным движением в алмазно-расточных станках является вращение расточного шпинделя с инструментом. Движение подачи в горизонтальных станках сообщается столу, на котором закрепляется заготовка, в вертикальных станках — шпинделю. В специализированных горизонтальных алмазно-расточных станках движение подачи иногда сообщается шпиндельным головкам, в то время как заготовка остается неподвижной.

Шпиндели алмазно-расточного станка монтируют в прецизионных подшипниках качения или скольжения. В конструкциях шпиндельных головок для компенсации износа подшипников предусматривается автоматическая выборка зазора.

10. Фрезерные станки.

Фрезерные станки предназначены для обработки плоских и фасонных поверхностей с помощью фрез — многолезвийных инструментов с режущими кромками, расположенными на поверхности тела вращения или на его торце.

Фрезы могут быть самых различных конструкций, из которых наиболее распространенными являются цилиндрические, дисковые, концевые, торцовые, фасонные (рис. 93).

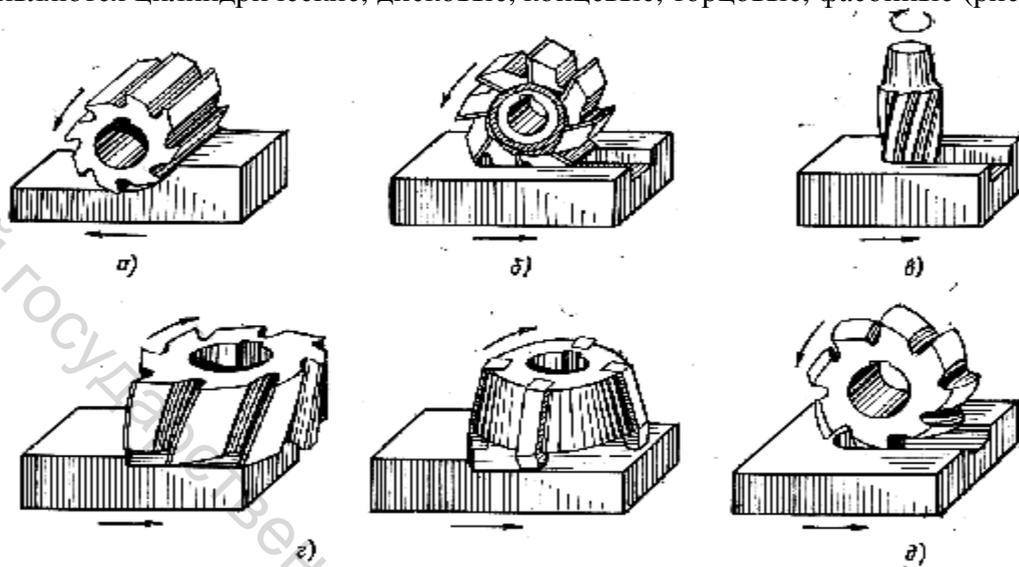


Рис. 93 Виды фрез.

Главным движением во фрезерных станках является вращение фрезы, а движением подачи — относительное перемещение фрезы и заготовки.

В зависимости от расположения узлов станка (компоновки) различают консольные и бесконсольные фрезерные станки. Основным конструктивным отличием консольно-фрезерных станков (рис. 94) является наличие консоли 1, перемещающейся в вертикальном направлении по направляющим станины 2. На консоли выполнены горизонтальные направляющие, по которым движутся салазки 3, несущие стол 4, на котором закрепляют заготовку.

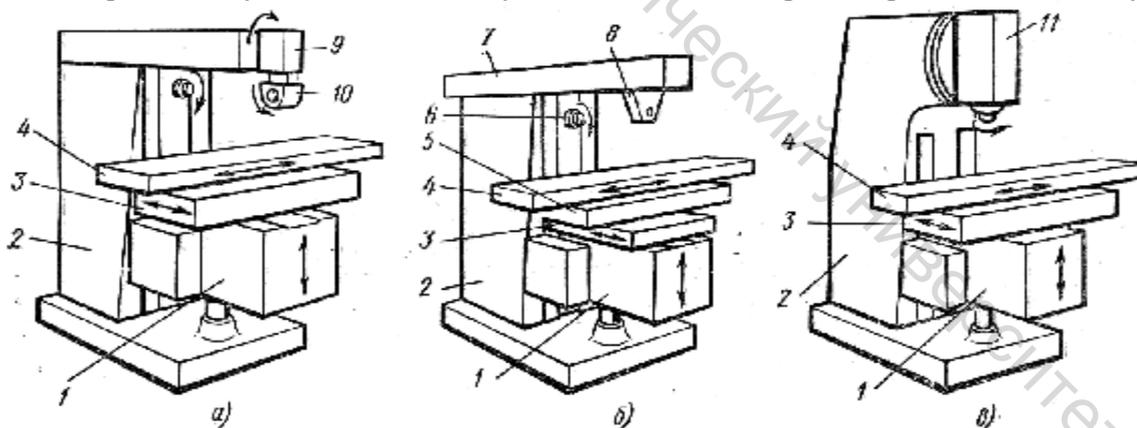


Рис. 94 Виды фрезерных станков.

Консольные горизонтальные универсальные станки отличаются тем, что на салазках 3 установлена промежуточная поворотная плита 5, по горизонтальным направляющим которой перемещается стол 4. Шпиндель 6 станка расположен горизонтально, а на станине 2 смонтирован хобот 7, несущий поддерживающую серьгу 8. Фрезу или набор фрез закрепляют в оправке, один конец которой устанавливают в шпиндель, а другой — в отверстие серьги.

Широкоуниверсальный горизонтально-фрезерный станок отличается наличием дополнительной шпиндельной головки 9, смонтированной на выдвижном хоботе. Головка мо-

жет поворачиваться на любой угол в вертикальной плоскости. Еще большую универсальность придает станку наличие накладной фрезерной головки 10 со шпинделем, поворачивающимся под любым углом в горизонтальной плоскости. В этих станках отсутствует поворотная плита.

Вертикальный консольно-фрезерный станок имеет вертикально расположенную шпиндельную головку //, которая может поворачиваться в вертикальной плоскости. Известны конструкции станков этого типа, в которых имеется осевое перемещение шпинделя.

Бесконсольные вертикально- и горизонтально-фрезерные станки (рис. 95) отличаются тем, что салазки 2, несущие стол 3, перемещаются по горизонтальным направляющим станины 1, а шпиндельная бабка 4 перемещается в вертикальном направлении по направляющим стойки 5.

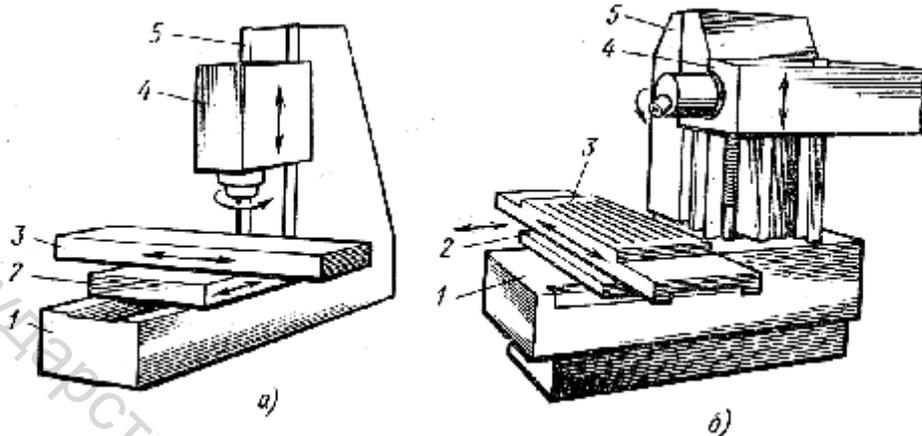


Рис. 95 Виды фрезерных станков.

Продольно-фрезерные станки (одностоечные и двухстоечные) предназначены для обработки крупногабаритных деталей в основном торцовыми фрезами. По горизонтальным направляющим станины 1 перемещается стол 2, а шпиндельные головки 3 перемещаются по стойкам 4 портала, связанного балкой 5, или по направляющим поперечины 6, которая перемещается по направляющим портала.

Карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки имеют круглый стол с горизонтальной осью вращения или многогранный барабан с вертикальной осью вращения, что обеспечивает круговую подачу. На стойках или на портале размещены шпиндельные головки с одним или несколькими шпинделями. Эти станки предназначены для обработки различных деталей в условиях крупносерийного и массового производства.

Станины и стойки фрезерных станков представляют собой корпусные отливки коробчатой формы с ребрами жесткости и служат для размещения основных узлов станка. На станинах выполняют литые или накладные направляющие для перемещения узлов.

Коробки скоростей фрезерных станков предназначены для обеспечения главного движения — вращения шпинделя с различными частотами.

10.1. Горизонтально-фрезерные станки.

На рис. 96 показана кинематическая схема широкоуниверсального горизонтально-фрезерного станка мод. 6P82Ш. Привод главного движения (электродвигатель 69 передает вращение шпинделю V следующими переключениями трехблочных зубчатых колес: от вала / колесами 1—2 на вал //, колесами 7—8 или 5—6 или 3—4 на вал ///; затем колесами 11—12 или в>-/0 или 6—13 на вал IV и далее колесами 16—17 или 14—15 на шпиндель 5

Электродвигатель 63 с помощью передач 18-19, 20—21 вращает вал V///, и далее через зубчатые колеса 22—23, 24—25 или 26—27, 27—28, 29-30 или же 31—32 вращение передается валу X. Отсюда движение на вал XI может быть передано через пару колес 33-34 (колесо 33 смещается вправо для сцепления с муфтой 75) или через перебор, состоящий из колес 35—36, 37—33 и 33—34 (при этом колесо 33 занимает положение, показанное на схеме). Широкое колесо 34 свободно насажено на вал XI и передает ему вращение при включении муфты 64. При включении дисковой фрикционной муфты 67 вал XI может получить быстрое вращение, необходимое для осуществления ускоренных ходов. Цепь быстрого вращения приводится от электродвигателя 63 и состоит из группы передач 18-19, 19—52 и 52—53.

сольного стола этого станка такое же, как у горизонтально-фрезерного, за исключением наличия поворотной плиты, которой у вертикально-фрезерных станков нет.

Существуют другие типы станков данной группы, у которых шпиндель смонтирован не в станине, а в специальной головке. Головка может поворачиваться в вертикальной плоскости. В этом случае ось шпинделя можно устанавливать под углом к плоскости рабочего стола. У некоторых станков головка вместе со шпинделем может перемещаться в вертикальной плоскости.

10.3. Продольно-фрезерные станки.

Продольно-фрезерные станки (рис. 97) предназначены для обработки плоскостей крупногабаритных деталей. На станине / этих станков смонтированы две вертикальные стойки 2 и 3, скрепленные в некоторых станках поперечной балкой. На вертикальных направляющих стоек расположены фрезерные головки 4 и 5 с горизонтальной осью шпинделя и траверса (поперечина) 6. На направляющих траверсы установлены две фрезерные головки 7 и 8 с вертикальной осью шпинделя. Обрабатываемую деталь устанавливают на столе 9, который смонтирован на направляющих станины /.

Главным движением в станке является вращение шпинделей. Каждая фрезерная головка имеет самостоятельный привод: электродвигатель и коробку скоростей. Шпиндели допускают смещение их вдоль оси и могут быть установлены под углом. Продольную подачу имеет стол 9, поперечную — головки 7 и 8, а вертикальную — головки 4 и 5. Привод движения подачи для всех головок один. Траверсу 6 устанавливают на требуемой высоте и зажимают. Во время работы она неподвижна.

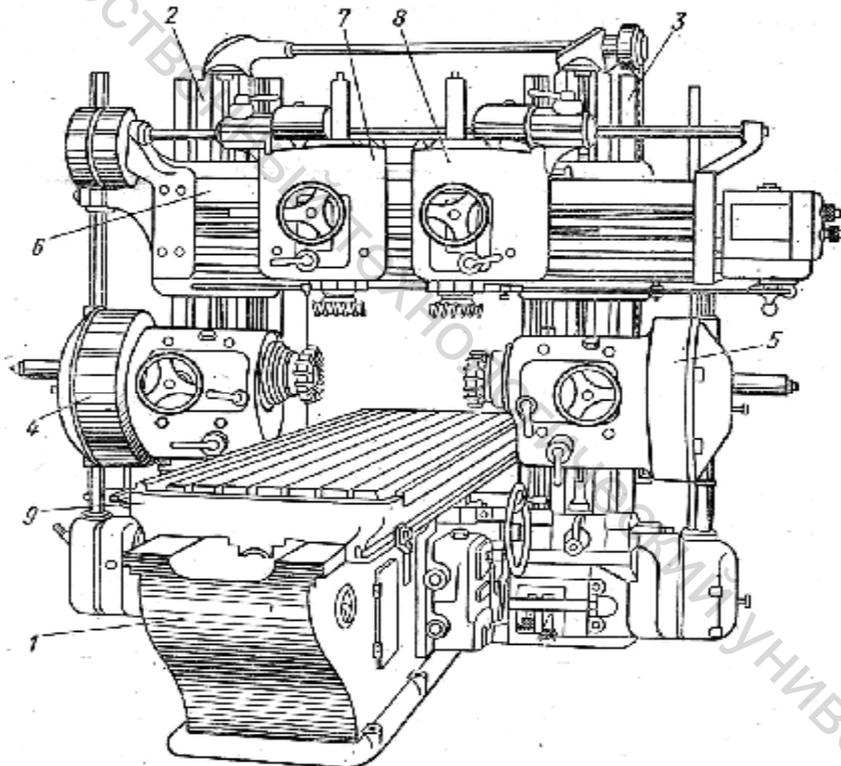


Рис. 97 Компановка продольно-фрезерного станка.

10.4. Карусельно- фрезерные станки.

Карусельно-фрезерные станки предназначены для обработки плоскостей литых, кованых и штампованных деталей по методу непрерывного торцевого фрезерования.

На рис. 98 показан карусельно-фрезерный двухшпиндельный станок. На станине 1 установлена стойка 2, в вертикальных направляющих которой смонтирована шпиндельная бабка 3. Бабка имеет два шпинделя 4 с приводом вращения от коробки скоростей 5, помещенной в верхней части Стойки. На горизонтальных направляющих станины смонтирован стол 6, получающий во время работы медленное вращение в виде круговой подачи. Такая компоновка узлов станка позволяет вести фрезерование непрерывно. Обработанные детали, выйдя из зоны резания, могут быть заменены заготовками. Наличие двух шпинделей дает возможность совместить в одной операции черновое и чистовое фрезерование.

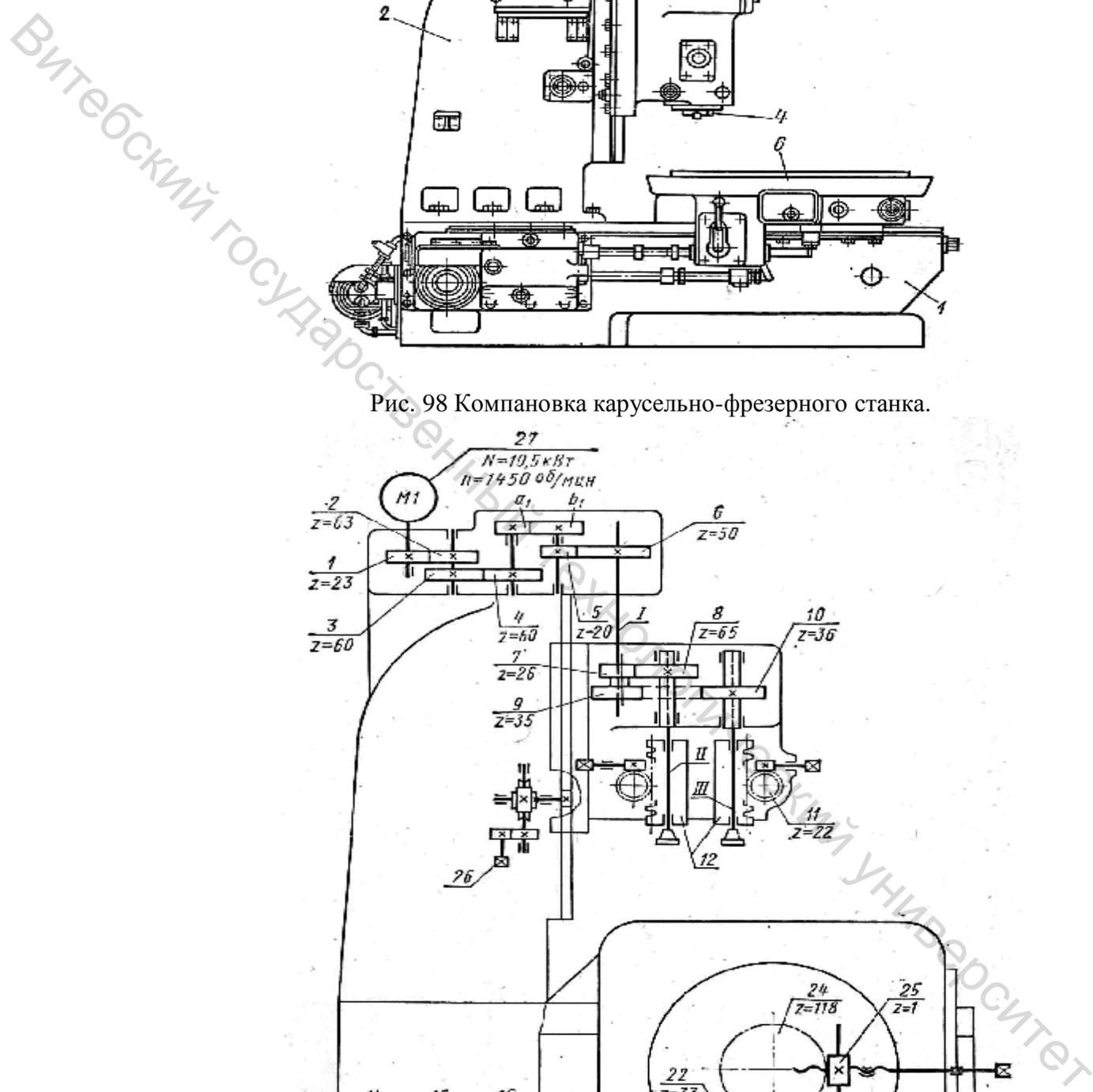


Рис. 98 Компановка карусельно-фрезерного станка.

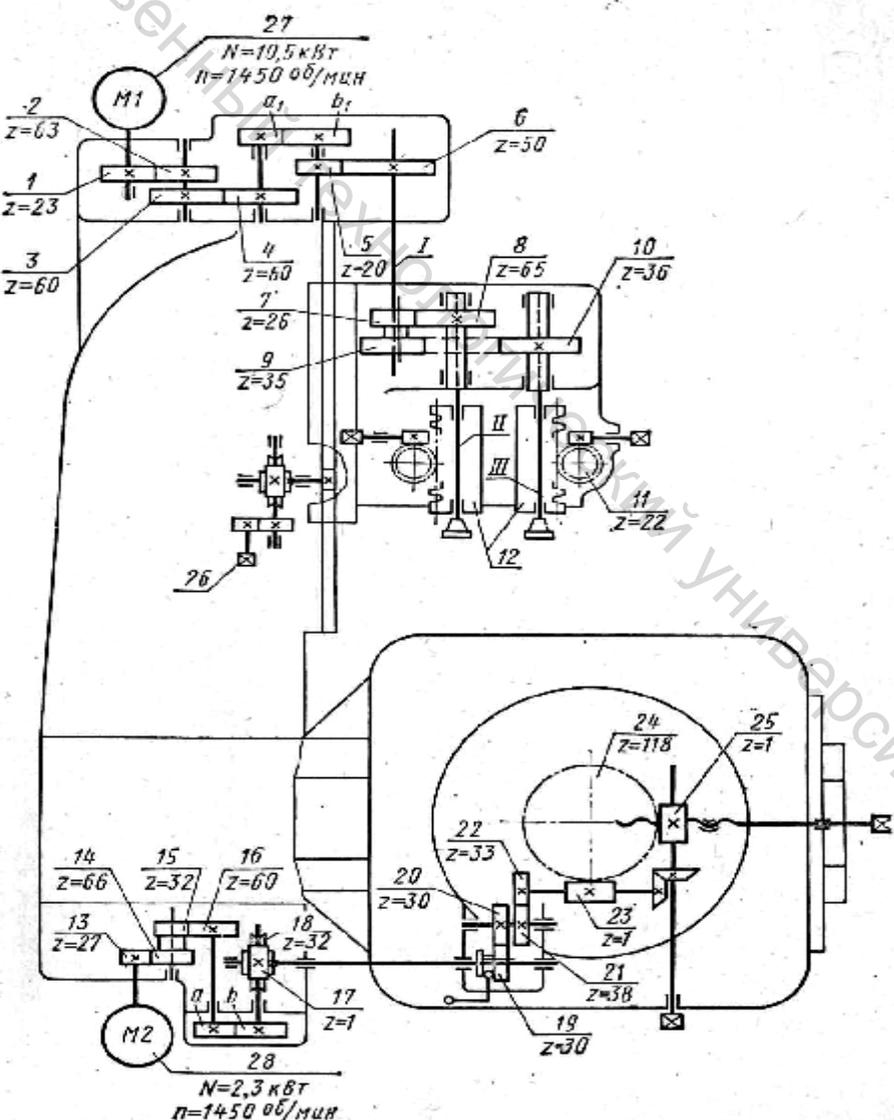


Рис. 99 Кинематическая схема карусельно-фрезерного станка.

Привод главного движения осуществляется от электродвигателя 27, расположенного в верхней части стойки, через систему зубчатых передач 1 – 2, 3 – 4 и 5 – 6 и гитару скоростей $a_1 - b_1$ (рис. 99).

Вертикальный вал / проходит внутри шлицевой втулки с насаженными на ней косозубыми колесами 7 и 9. Первое связано с колесом 8 черного шпинделя II, второе — с колесом 10 чистового шпинделя III. Шпиндели смонтированы в гильзах 12, которые с помощью реечных передач 11 могут устанавливаться на необходимую высоту. Вращением рукоятки 26 шпиндельную бабку перемещают вертикально. Частота вращения чистового шпинделя примерно в 1,8 раза больше, чем черного.

Привод круговой подачи стола состоит из отдельного электродвигателя 28 и цепи зубчатых передач 13...24 со звеном настройки a/b . Подача (выключается выводом из зацепления зубчатых колес 19 и 20. Ручной поворот стола производится при помощи червяка 25 при выключенной подаче.

10.5. Копировально-фрезерные станки.

Копировально-фрезерные станки предназначены для обработки разнообразных плоских профилей (изготовление кулачков, шаблонов, матриц и т. д.) и пространственно-сложных поверхностей (объемное фрезерование). По числу шпинделей станки делят на одношпиндельные и многошпиндельные, а по принципу действия - на станки прямого и станки следящего действия. В копировальных станках прямого действия всякое изменение формы — задающего устройства (шаблона или копира) производит непосредственное воздействие на копировальный ролик или палец, связанный жестко с фрезой. В станках следящего действия посредством копировального ролика или пальца воспринимается всякое изменение формы задающего копира и передается фрезе через усилительное устройство. Фрезерование производят при помощи ощупывания модели копировальным пальцем двумя способами: способом горизонтальных строчек и способом вертикальных строчек.

Горизонтальный копировально-фрезерный полуавтомат предназначен для объемного фрезерования деталей по моделям, выполненным в натуральную величину. Кинематика станка обеспечивает следующие движения детали и фрезы относительно друг друга: главное движение — вращение фрезы 5, вертикальное и поперечное перемещения шпиндельного блока 4 по стойке 2, продольное перемещение стола 6 по станине 1 совместно с кронштейном 3, на котором установлена обрабатываемая деталь и модель.

Цепь главного вращательного движения фрезы (рис. 100) начинается от электродвигателя 32 через ременную передачу, зубчатые колеса 1—2 или 3-4 или 5-6, колеса 7-9-8 или 7-9-10 и заканчивается шпинделем. Поскольку электродвигатель двухскоростной, то на шпинделе станка можно получить 12 различных скоростей.

Цепь вертикального перемещения шпиндельного блока берет начало от электродвигателя постоянного тока (рис. 100), затем через зубчатые передачи 17-18, 19-20, 22 — 21, и заканчивается винтом 29. Поперечное перемещение шпиндельного блока осуществляется от электродвигателя постоянного тока 35 и через зубчатые колеса 11-12, 13-14, 15-16 передается на винт 30.

Продольное перемещение стола осуществляется от самостоятельного электродвигателя постоянного тока 34 (рис. 100) и через зубчатые колеса 23 — 24, 25 — 26, 27 — 28 передается на винт 31.

Сравнительно небольшое количество моделей фрезерных станков вполне удовлетворяет промышленность. Консольно-горизонтально-фрезерные, универсальные и вертикально-фрезерные станки имеют унифицированные столы размером 160 x 320, 200 x 800, 250 x 1000, 320 x 1250 и 400 x 1600 мм. Одностоечные станки строят с размером стола от 500 x 1250 до 1600 x 5000 мм, а в двухстоечном исполнении - от 400x1250 до 2500x8000 мм. Копировально-фрезерные станки выпускают в ограниченном количестве, с размером стола 200 x 320, 320 x 1250 и 630 x 1250 мм.

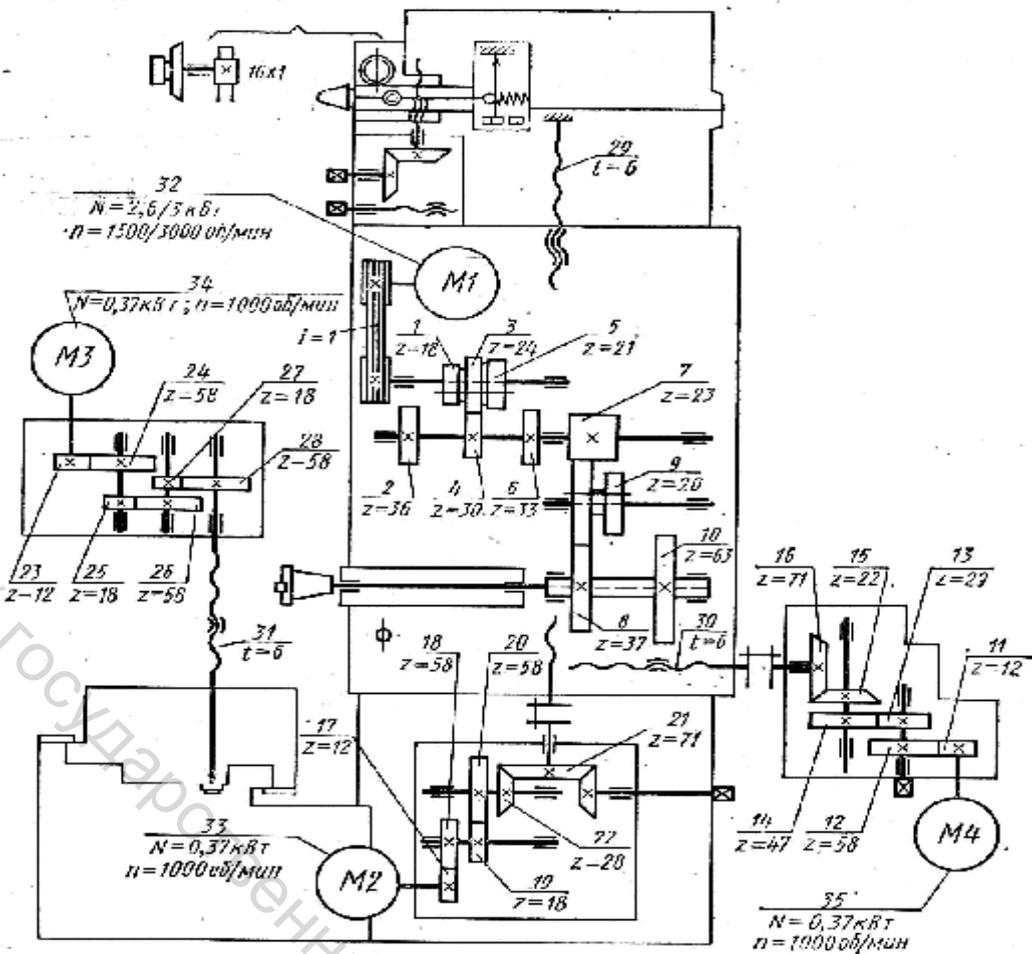


Рис.100 Кинематическая схема копировально-фрезерного станка.

10.6. Резьбофрезерные станки.

Резьбовые соединения широко применяют в машиностроении как для создания неподвижных соединений (болты, винты, гайки и т. д.), так и для подвижных (ходовой винт — гайка). Резьбу на деталях нарезают различными способами: на токарных станках резцом или гребенкой, метчиками, плашками, резьбонарезными головками, дисковыми и групповыми резьбовыми фрезами, одно- и многониточными шлифовальными кругами, накатыванием и др. Широкое применение при изготовлении резьб, особенно в крупносерийном и массовом производстве, получило резьбофрезерование, которое обеспечивает высокую производительность.

Резьбу фрезеруют двумя основными способами — дисковой и групповой фрезой.

1. Фрезерование резьб дисковой фрезой. При данном способе ось дисковой фрезы / устанавливают на угол подъема винтовой нарезки а относительно оси заготовки 2. Фреза получает главное вращательное движение v_f и продольную подачу s_f , параллельную оси заготовки, заготовка — вращение (круговую подачу $s_{кр}$). Фрезерование резьбы обычно производят на полную глубину. С помощью дисковой фрезы можно нарезать резьбы различного профиля и шага и любой длины.

2. Фрезерование коротких резьб групповыми фрезами. Групповая фреза / имеет кольцевые канавки. Во время обработки ось фрезы устанавливают параллельно оси заготовки. Фреза получает главное вращательное движение v_f , движение радиальной подачи s_r до полной глубины фрезерования и движение продольной подачи $s_{пр}$ с шагом нарезаемой резьбы, заготовка — вращение (круговую подачу $s_{кр}$). За весь цикл обработки заготовка выполняет от

$1 \frac{1}{6}$ до $1 \frac{3}{8}$ оборота, а фреза перемещается параллельно оси заготовки на величину немного более одного шага. Это связано с тем, что на подвод, врезание и отвод фрезы, происходящие во время вращения заготовки, затрачивается часть оборота. Групповыми фрезами можно нарезать как наружные, так и внутренние резьбы. Так как при фрезеровании резьбы ось фрезы параллельна оси заготовки, а фреза имеет кольцевые витки, то они направлены к виткам нарезаемой резьбы под углом, равным углу подъема резьбы. Это несовпадение вит-

ков и резьбы, хотя и незначительно, но искажает профиль резьбы, поэтому метод фрезерования резьбы групповыми фрезами ограничивается заданной точностью резьбы и рекомендуется для изготовления резьб с шагом до 6 мм. Резьбофрезерный станок мод. 5М5Б62. Назначение — фрезерование коротких наружных и внутренних резьб групповой (гребенчатой) фрезой.

Станок работает по полуавтоматическому циклу. Кинематическая схема станка приведена на рис. 101.

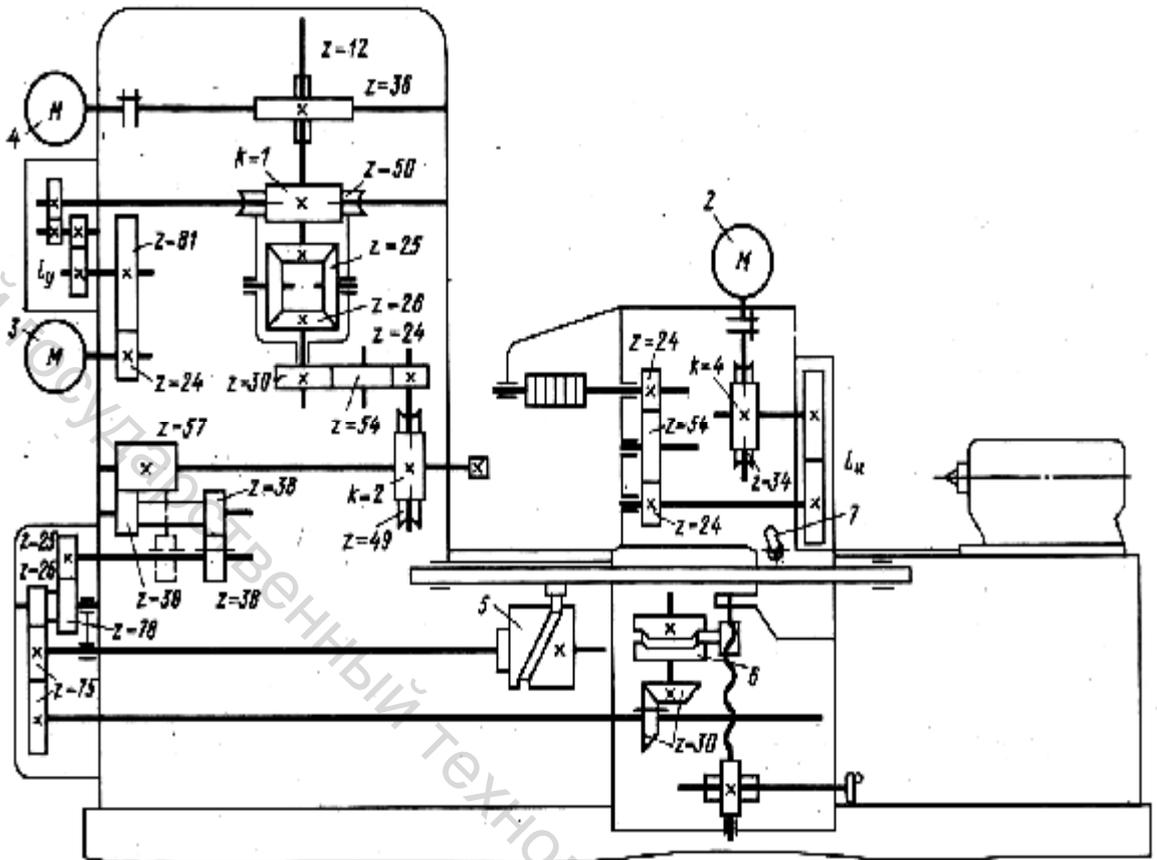


Рис. 101 Кинематическая схема станка мод. 5М5Б62.

1. *Главное движение* (вращение фрезы 1) осуществляется от электродвигателя 2 ($N = 1,5$ кВт, $n = 1425$ об/мин). Уравнение кинематического баланса и формула настройки имеют вид

$$n_2 \frac{4}{34} i_u \frac{24}{54} \frac{54}{24} = n_\phi, i_u = \frac{n_\phi}{168}, \quad (10.1)$$

где n_ϕ — частота вращения фрезы, об/мин. Гитара главного движения однопарная. Число частот вращения фрезы 9, в пределах от 75 до 375 об/мин.

2. *Движение круговой подачи* (вращение заготовки) осуществляется от электродвигателя 3 ($N = 1$ кВт; $n = 1425$ об/мин)

$$n_3 \frac{24}{81} i_y \frac{1}{50} i_{d1} \frac{30}{54} \frac{54}{24} \frac{2}{49} = \frac{s_{кр}}{pD_p} \quad (10.2)$$

формула настройки
$$i_y = 0,37 \frac{s_{кр}}{D_p}, \quad (10.3)$$

где t_{d1} — передаточное отношение дифференциала; $i_{d1}=2$; $s_{кр}$ — круговая подача заготовки, мм/мин; D_p — средний диаметр фрезеруемой резьбы, мм.

Выразим минутную подачу через подачу на зуб фрезы:

$$s_{кр} = s_z z_\phi n_\phi$$

где s_z — подача на зуб фрезы, мм/зуб; z_ϕ — число зубьев фрезы. Тогда формула настройки примет вид

$$i_y = 0.37 \frac{s_z z \phi n \phi}{D_p}$$

3. *Движение продольной подачи* (перемещение фрезы в осевом направлении с шагом нарезаемой резьбы) осуществляется с помощью барабана 5 со сменными кулачками. Кулачок через ролик перемещает тягу, связанную с фрезерной бабкой. Положение бабки относительно тяги можно регулировать рукояткой 7. Настройка цепи подачи на шаг состоит в определении характеристики кулачка. Элементом настройки является подъем L на кулачке барабана 5, который выполняется для всех кулачков на угле поворота барабана $\theta=110^\circ$:

$$1 \text{ об. шп.} \frac{57}{38} \frac{38}{38} \frac{25}{78} \frac{26}{75} \frac{360^\circ}{q^\circ} L = P \quad (10.4)$$

$$L = \frac{11}{6} P,$$

где P — шаг нарезаемой резьбы.

4. *Подача на глубину врезания*: (перемещение фрезы в радиальном направлении на полную глубину фрезерования) осуществляется от кулачка барабана 6. Кулачок имеет постоянный подъем, и настройка производится по конечному перемещению фрезы. Кулачки барабана 6 обеспечивают подвод фрезы ускорению, с рабочей подачей в течение примерно 1/6 оборота заготовки и быстрый отвод после полного нарезания резьбы. За полный цикл обработки барабан 6 делает 1 оборот:

$$n_{с.шп.} \frac{57}{38} \frac{38}{38} \frac{25}{78} \frac{26}{75} \frac{75}{75} \frac{30}{30} = 1 \text{ об. барабана 6,} \quad (10.5)$$

где $n_{с.шп.}$ — число оборотов шпинделя за полный цикл обработки.

5. *Ускоренные перемещения* (вспомогательные движения) — подвод и отвод фрезы осуществляется от отдельного электродвигателя 4 ($N=1\text{кВт}$, $n = 1425$ об/мин). Ускоренные движения накладываются на рабочие (суммируются коническим дифференциалом):

$$n_4 \frac{12}{36} i_{\partial 2} \frac{30}{54} \frac{54}{24} \frac{2}{49} \frac{57}{38} \frac{38}{38} \frac{25}{78} \frac{26}{75} = n_5; \quad i_{\partial 2} = 1. \quad (10.6)$$

где n_5 — частота вращения барабана 5.

10.7. Фрезерные станки с ЧПУ.

Вертикально-фрезерный станок МА655ФЗ с крестовым столом и числовым управлением предназначен для обработки деталей сложной конфигурации в условиях единичного и мелкосерийного производства, может быть использован в автоматизированном комплексе с управлением от ЭВМ.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 102. Привод главного движения содержит асинхронный двигатель и ступенчатую коробку скоростей. Посредством пяти подвижных блоков, управляемых селективным механизмом, получают 17 различных частот вращения шпинделя (в станке применена структура привода главного движения с перекрытием ряда частот вращения).

Приводы подач и установочных перемещений стола и ползуна выполнены в виде тиристорных следящих электроприводов с использованием двигателей ПГТ-2. Контроль по пути и скорости осуществляется соответственно вращающимися трансформаторами ВТ и тахогенераторами.

Вертикальное перемещение ползуна осуществляется от двигателя М2 через передачи $\frac{12}{12}$ и $\frac{36}{72}$ на ходовой винт с шагом 6 мм

Зубчатые передачи выполнены беззазорными. Поперечное перемещение салазок и продольное перемещение по ним стола осуществляется соответственно от двигателей М4 и М3 через беззазорные червячные редукторы на ходовые винты с шагом 12 мм. Червячные редукторы имеют две параллельные кинематические цепи, зазор в которых выбирают осевым смещением одного из червяков. Ходовые винты связаны через беззазорные зубчатые передачи с вращающимися трансформаторами ВТ.

Отличительной особенностью этих станков является максимальная концентрация операций на одной позиции, т. е. замена одним многооперационным станком нескольких станков, каждый из которых осуществлял бы свою операцию. Следовательно, назначение многооперационных станков диктует необходимость иметь значительный запас инструментов, автоматическую их смену, устройство для периодического деления, обеспечивающее обработку с нескольких сторон, и приспособление для автоматической смены заготовок.

На станках этого типа, как правило, обрабатывают дорогостоящие детали, поэтому многооперационные станки должны обладать высокой надежностью. С этой целью станки оснащают системами диагностики и контроля детали и инструмента, а в системе числового управления должна быть предусмотрена возможность ручной (с пульта) или автоматической коррекции положения и перемещения узлов станка и инструментов, а также режимов резания в соответствии с показаниями контрольно-измерительной аппаратуры.

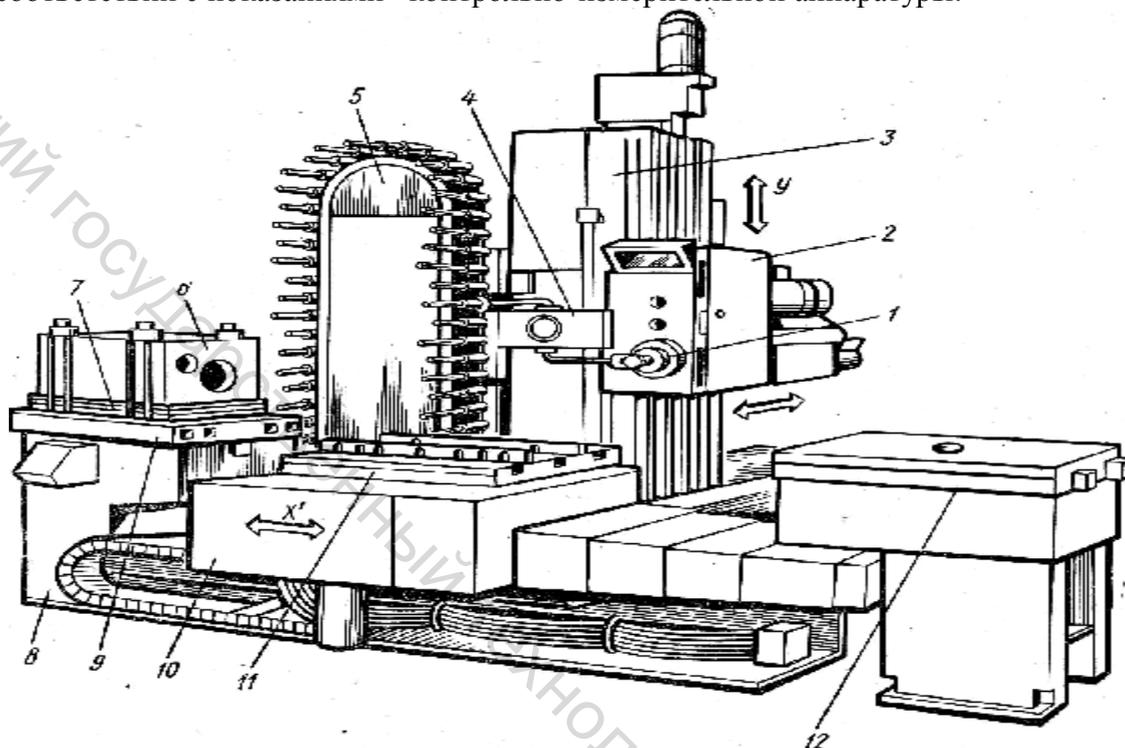


Рис. 104 Компановка многооперационного станка.

Наиболее распространенные многооперационные станки имеют компоновку, сходную с компоновками станков общего назначения. На рис. 104 приведена компоновка многооперационного станка, выполненного на базе горизонтально-расточного станка. Стойка 3 перемещается по горизонтальным направляющим станины в направлении, совпадающем с направлением оси шпинделя Z . Стол станка состоит из двух частей: нижняя часть 10 перемещается по горизонтальным направляющим станины в направлении, перпендикулярном оси вращения шпинделя; верхняя часть 11 — поворотная. Шпиндель установлен в выдвижной пиноли. Шпиндельная бабка 2 перемещается по вертикальным направляющим стойки. Станок снабжен инструментальным магазином 5, выполненным в виде бесконечной цепи, звенья которой несут гнезда для размещения оправок с инструментами. Из магазина требуемый инструмент извлекает автооператор 4 и передает его в шпиндель станка. На станине 8 установлен дополнительный стол 9 с приспособлением-спутником 7, на котором закрепляют подготовленную к обработке заготовку 6. В начале цикла обработки приспособление-спутник вместе с заготовкой перемещается по столу 9 в направлении стола 10 станка, который в этот момент установлен в положение загрузки. После передачи приспособления-спутника с заготовкой на поворотный стол 11 станка и закрепления его нижний стол 10 станка перемещается в зону обработки. С противоположной стороны установлен аналогичный дополнительный стол 12 с приспособлением-спутником, на котором во время обработки предыдущей заготовки закрепляют последующую. После полной обработки деталь возвращается на стол 9, и следующая заготовка со стола 12 устанавливается в зону обработки. Такой «маятниковый» способ загрузки детали позволяет совместить вспомогательное время, затрачиваемое на закрепление детали, с машинным временем обработки, что существенно повышает производительность

станка. Устройства для автоматической смены инструментов, применяемые в многооперационных станках, разнообразны по конструкции и могут быть укрупненно разделены на три группы: устройства, обеспечивающие смену инструментов путем поворота револьверной головки, в которой они установлены; устройства для автоматической смены инструментов без автооператора; устройства для смены инструментов с автооператором.

Устройства первой группы по конструкции мало отличаются от устройств, применяемых в токарно-револьверных станках и автоматах. Единственным отличием является обеспечение выборочного поворота револьверной головки в любом направлении и установка ее в любой позиции.

В устройствах второй группы предусмотрен перенос инструментов из магазина в шпиндель станка и обратно только за счет движений, сообщаемых магазину и шпинделю. Есть конструкции, в которых магазин / размещен соосно со шпинделем 2 (рис. 105, а), и конструкции, в которых ось магазина / параллельна оси шпинделя 2 (рис. 105, б, в).

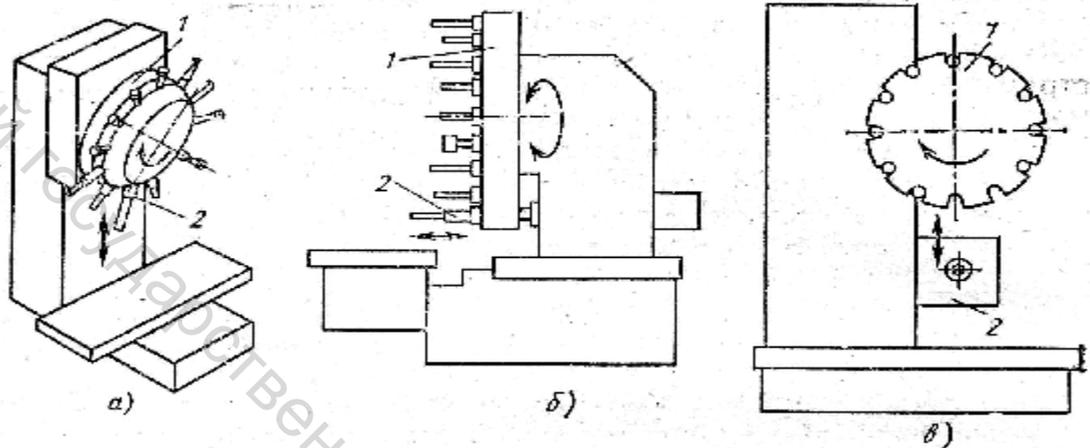


Рис. 105 Конструкции магазинов.

Недостатком устройств этой группы является большая потеря времени на перегрузку инструментов, так как она связана с перемещениями узлов значительной массы. Кроме того, вместимость магазина относительно невелика (32—15 инструментов).

В устройствах третьей группы (рис. 106) обязательно наличие одного или двух автооператоров 1. Автооператор — приспособление малой массы, совершающее поворотное и осевое движения и перемещающее инструменты из магазина 2 в шпиндель 3 станка и обратно. Магазины этих устройств большой вместимости (до 100 инструментов) дискового или цепного типа располагают вне станка на отдельных стойках или в верхнем торце стойки станка.

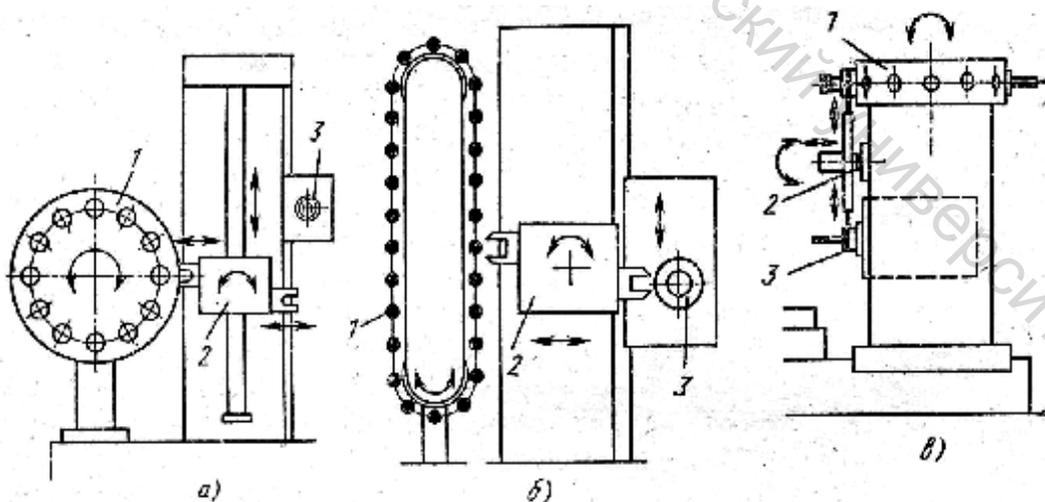


Рис. 106 Конструкция магазинов.

Известны устройства смены инструмента, имеющие промежуточную позицию, в которой временно находится перемещаемый инструмент «позиция ожидания». В этом случае медленное вращение магазина большой вместимости, при условии кодирования гнезда ма-

газина, совпадает со временем обработки, а подготовленный к загрузке в шпиндель или извлеченный из шпинделя инструмент находится в позиции ожидания.

Многооперационный станок 2623ПМФ-4 предназначен для обработки в корпусных деталях отверстий концевыми инструментами. На станке производят сверление, зенкерование, растачивание, развертывание, нарезание резьбы, фрезерование.

Станок снабжен инструментальным магазином с цепным приводом и устройством для автоматической смены столов-спутников, а так же системой числового программного управления подвижными узлами по пяти координатам.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 107 Кинематика станка исключительно простая и не требует подробных пояснений. Привод главного движения (вращение шпинделя) имеет широкий диапазон регулирования; в него входят двигатель постоянного тока мощностью 15 кВт при $n = 750 \text{ мин}^{-1}$ и двухступенчатая коробка скоростей. Частота вращения шпинделя регулируется в диапазоне $750\text{—}2350 \text{ мин}^{-1}$ при постоянной мощности и в диапазоне $47\text{—}750 \text{ мин}^{-1}$ при постоянном моменте. Механизм переключения зубчатых колес в коробке скоростей гидравлический с приводом от гидроцилиндра. В момент переключения двигатель главного движения затормаживается и переходит на работу в режиме медленного качательного движения, а в конце хода гидроцилиндра нормальное вращение двигателя восстанавливается.

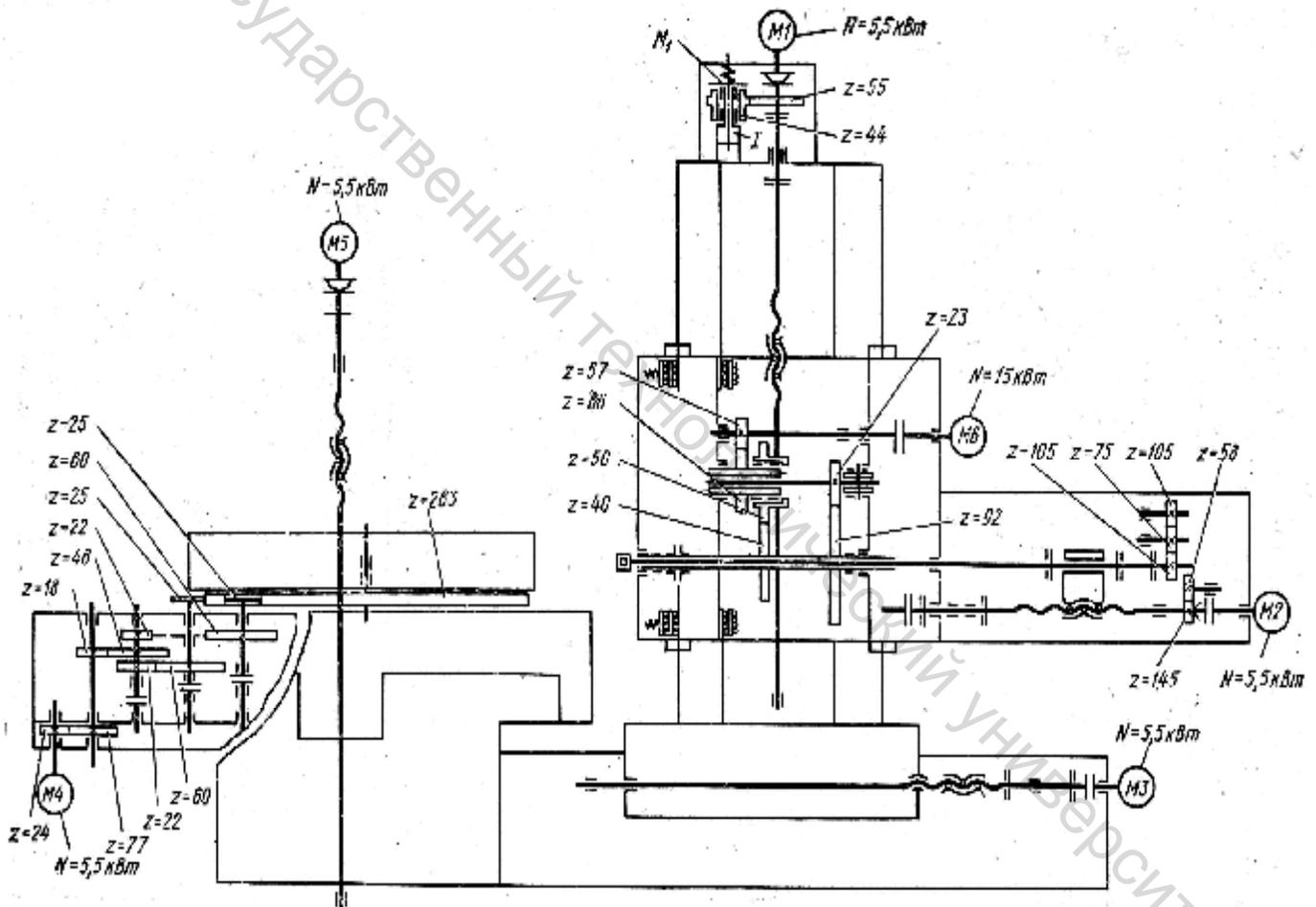


Рис. 107 Кинематическая схема станка мод. 2623ПМФ-4

Привод перемещения шпиндельной бабки осуществляется от высокомоментного двигателя постоянного тока, связанного (без редуктора) с винтом специальной муфтой, обеспечивающей возможность установки двигателя с некоторым отклонением от соосности и беззазорное соединение с винтом с высокой жесткостью на кручение. Самопроизвольное перемещение бабки при отказе гидравлического механизма ее уравнивания предотвращается

тормозом M1, связанным с ходовым винтом передачей $\frac{55}{44}$.

11. Станки для абразивной обработки.

Шлифовальные станки применяют в основном для снижения шероховатости поверхностей обрабатываемых деталей и получения точных размеров. Обычно на шлифование детали подают после предварительной черновой обработки и термических операций; шлифование может быть и единственным методом обработки. Основным инструментом станка — шлифовальный круг, который может иметь самую разнообразную форму. Шлифовальные станки в зависимости от назначения делятся на несколько основных групп: круглошлифовальные центровые и бесцентровые; внутришлифовальные; плоскошлифовальные. В машиностроении применяют также специальные шлифовальные станки для обработки резьбы, зубьев колес, шлицев и т. д. Кроме того, для достижения низкой шероховатости поверхности применяют шлифовально-притирочные и шлифовально-отделочные станки, а для получения зеркальной поверхности — полировальные станки. К конструкции шлифовальных станков предъявляют повышенные требования в отношении жесткости, виброустойчивости, износостойкости и температурных деформаций.

В процессе круглого шлифования (рис. 108,а) заготовка 1 получает круговую v_u и продольную s_u подачи; последняя обеспечивается возвратно-поступательным движением стола, на котором в цетрах установлена заготовка. В конце каждого одинарного или двойного хода стола шлифовальному кругу 2 сообщается поперечная подача s_2 . Таким образом, припуск снимается за несколько рабочих ходов.

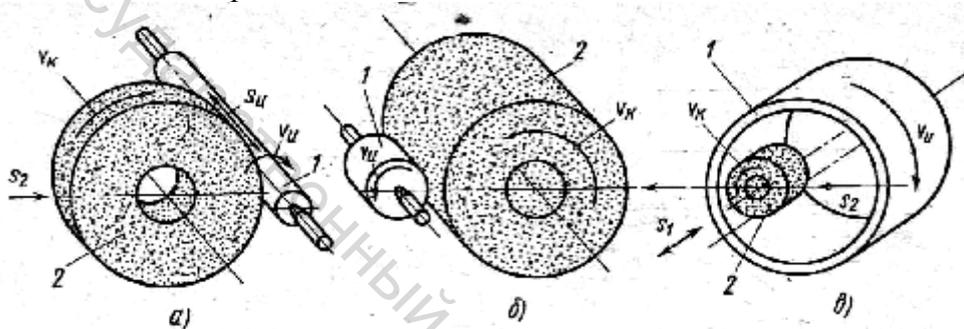
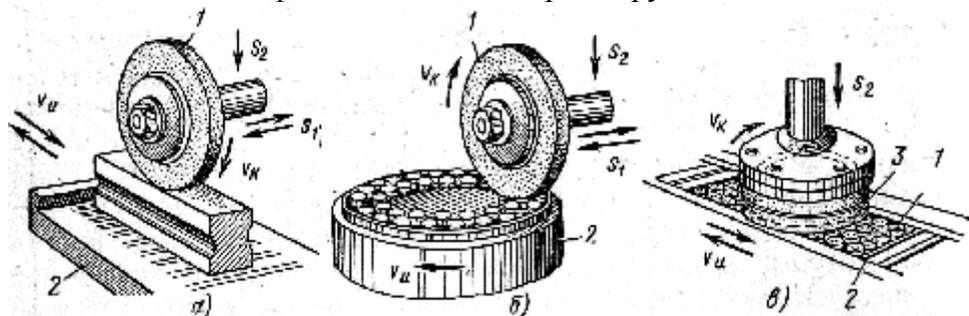


Рис. 108 Схемы шлифования.

На рис. 108,б показана схема круглого шлифования коротких деталей с применением только радиальной подачи (врезное шлифование), а на рис. 108,в — схема внутреннего шлифования. В последнем случае заготовка 1 вращается со скоростью круговой подачи v_u , а шлифовальный круг 2 имеет осевую подачу s_1 в обе стороны и радиальное перемещение s_2 при врезании.

При плоском шлифовании (рис. 109) детали устанавливают на прямоугольном или круглом магнитном столе. Шлифовальный круг работает своей периферией или торцом. В первом случае (рис. 109а) столу 2 сообщают возвратно-поступательное движение v_u , а кругу 1 — поперечную подачу s_1 за каждый ход стола. После прохода всей плоскости круг получает вертикальную подачу s_2 на глубину шлифования. Если стол круглый (рис. 109б), его вращение выполняет круговую подачу.

При шлифовании торцом круга (рис. 109,в) детали 1 устанавливают на магнитном столе 2, которому сообщают возвратно-поступательное движение со скоростью v_u . Наборный шлифовальный круг 3 перекрывает ширину стола и поэтому шлифует деталь (или группу деталей) по всей ширине за несколько проходов. Круг периодически получает вертикальную подачу s_2 . В других плоскошлифовальных станках (рис. 109.г) детали 1 устанавливают на круглом столе 2, которому сообщают вращение (круговую подачу). Круг 3, перекрывая часть стола, обеспечивает шлифование по всей ширине группы деталей.



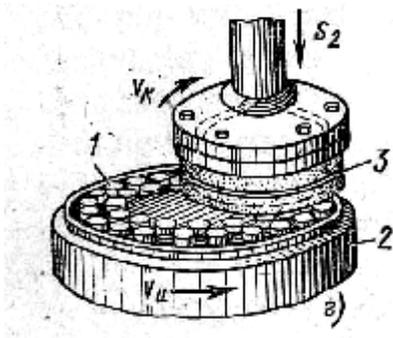


Рис. 109 Схемы шлифования.

11.1. Круглошлифовальные станки.

Круглошлифовальные станки предназначены для шлифования наружных цилиндрических, конических, а также торцовых поверхностей. Они характеризуются наибольшим диаметром устанавливаемой детали и ее длиной. Для станков общего назначения наибольший диаметр устанавливаемой детали 100-160 мм, а наибольшая ее длина — 150—1250 мм.

На рис. 110 показан общий вид круглошлифовального станка мод. 3А 150. Техническая характеристика станка: наибольший диаметр обрабатываемой детали 100 мм; наибольшая длина шлифования 180 мм; диаметр шлифовального круга 220 — 300 мм; наибольший угол поворота стола 10°.

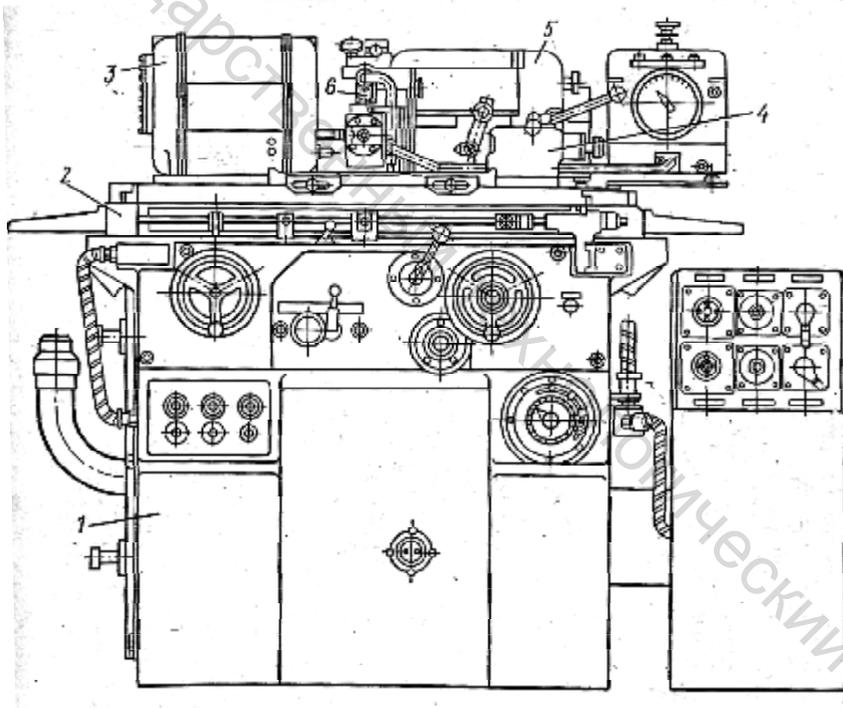


Рис. 110 Компановка круглошлифовального станка.

Станок имеет следующие основные узлы. На направляющих станины 1 установлен рабочий стол 2, несущий переднюю 3 и заднюю 4 бабки, в центрах которых устанавливается обрабатываемая деталь. Заднюю бабку

можно закреплять на различном расстоянии от передней, в зависимости от ширины обрабатываемой детали. Сзади, на поперечных направляющих станины размещена шлифовальная бабка 5 с приводом вращения шлифовального круга 6. Деталь, установленную в неподвижных центрах, приводят во вращение поводковым патроном передней бабки. Вместе со столом 2 детали сообщают возвратно-поступательное движение (продольную подачу). При обработке конических поверхностей рабочий стол поворачивают вокруг вертикальной оси на угол, соответствующий конусности детали (обычно до 10°).

На рис. 111 представлена гидрокинематическая схема станка. В станке автоматизированы продольный ход стола, быстрый подвод и отвод шлифовальной бабки, подача круга на врезание после каждого одинарного или двойного хода стола, включение и остановка вращения шпинделя бабки изделия, а также включение и выключение подачи охлаждающей жид-

кости. Частота вращения шпинделя бабки изделия регулируется бесступенчато, частота вращения шпинделя шлифовальной бабки постоянна.

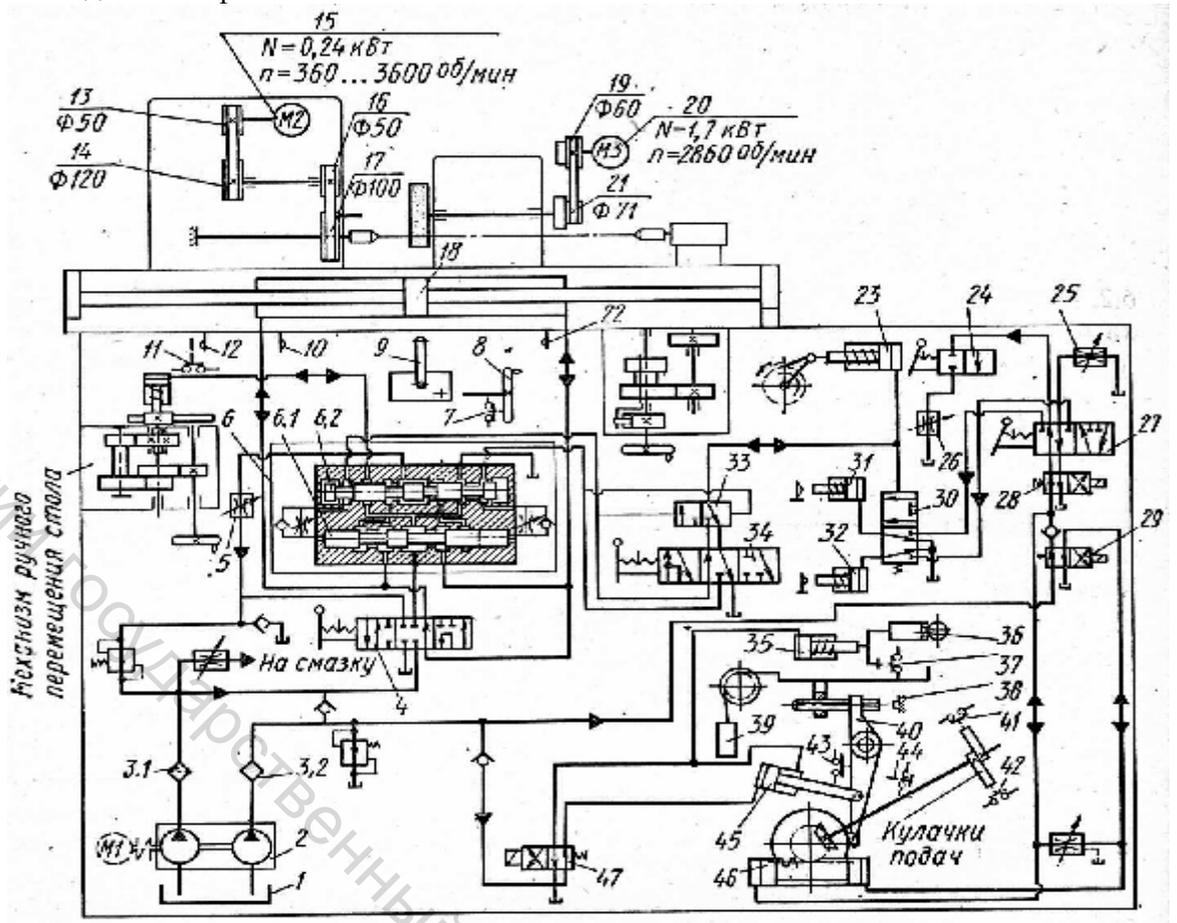


Рис. 111 Гидрокинематическая схема станка мод. 3А150.

На станке можно производить как врезное, так и продольное шлифование в полуавтоматическом цикле до жесткого упора или с применением прибора активного контроля типа БВ-1096. В последнем случае циклом Шлифования управляют конечные выключатели механизма подачи или контакты прибора активного контроля. Прибор позволяет непрерывно в процессе шлифования измерять диаметр обрабатываемой детали. Это сокращает время обработки, так как нет необходимости останавливать станок для измерения, а также исключает возможность брака.

Привод главного движения смонтирован на шлифовальной бабке; от электродвигателя 20 движение к шпинделю шлифовального круга передается ременной передачей 19-21.

Круговая подача — вращение обрабатываемой детали производится от электродвигателя постоянного тока 15 с бесступенчатым регулированием частоты вращения через ременную передачу 13 — 14 и 16 — 17. Деталь вращается в неподвижных центрах, в результате чего повышается точность ее обработки.

11.2. Плоскошлифовальные станки.

Плоскошлифовальные станки предназначены для чистовой обработки плоскостей на деталях различных размеров. Главное движение в этих станках — движение вращения шлифовального круга. В зависимости от формы стола, на котором закрепляют заготовку, различают продольную и круговую подачи ее. Когда ширина обрабатываемой плоскости больше ширины круга, заготовке или кругу сообщается поперечная подача. Кроме того, шлифовальному кругу или заготовке сообщается периодическое перемещение на глубину, направленное перпендикулярно обрабатываемой плоскости.

Шлифование производят периферией или торцом шлифовального круга. Есть станки, в которых шлифование осуществляется одновременно торцами двух противоположно установленных кругов. При шлифовании торцом круга различают шлифование кругом, ось которого перпендикулярна обрабатываемой плоскости, и шлифование кругом, ось которого наклонена к шлифуемой плоскости. Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом

выполняют с горизонтальным и вертикальным шпинделями. На рис. 112 приведена традиционная компоновка плоскошлифовального станка с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем, работающего периферией круга. На станине / закреплена колонна 2, вертикальным направляющим которой перемещается шлифовальная бабка 3. По горизонтальным направляющим качения перемещаются салазки 4 (движение поперечной подачи), несущие продольные направляющие качения, по которым перемещается стол 5. Перемещение стола осуществляется от гидроцилиндра, корпус которого закреплен на салазках 4, а штоки поршня — на столе 5. В станине размещены приводы вертикального перемещения шлифовальной бабки и поперечного перемещения салазков.

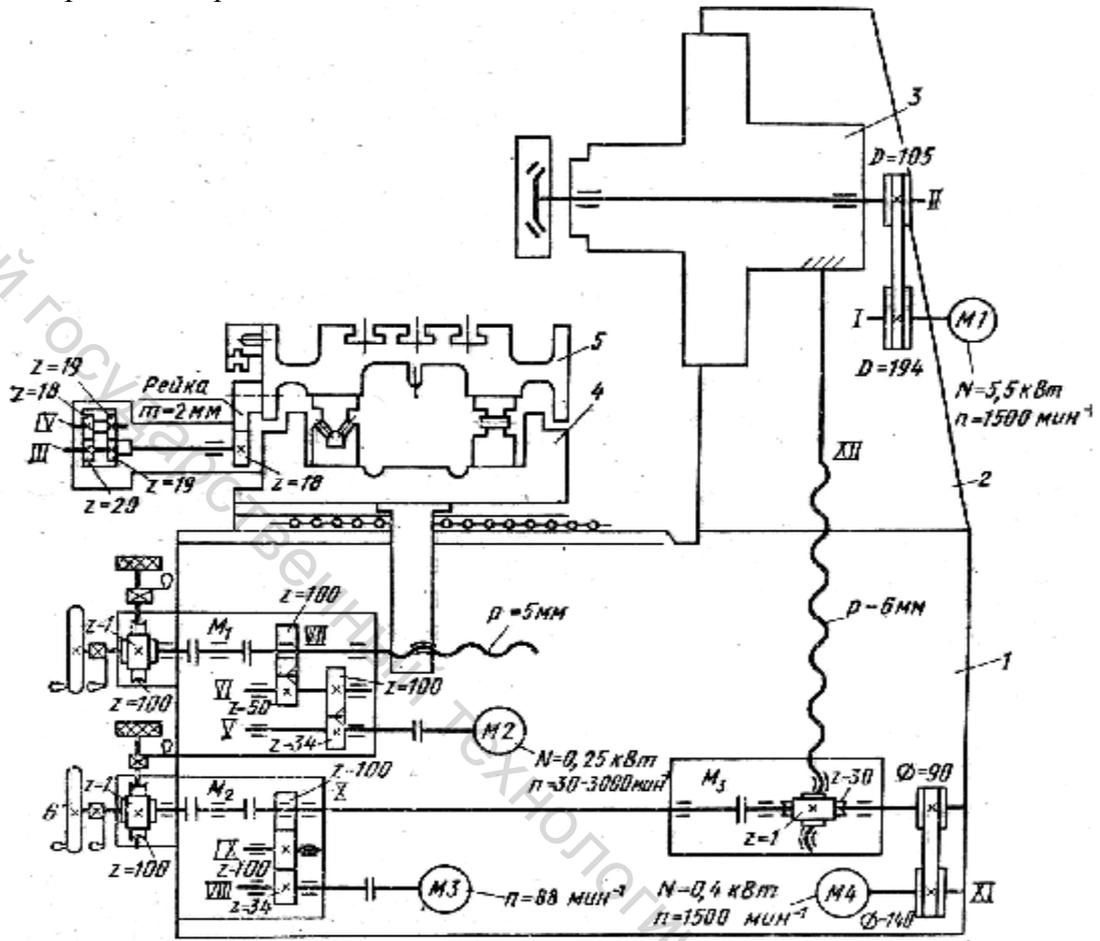


Рис. 112 Кинематическая схема и компоновка плоскошлифовального станка.

Плоскошлифовальные станки с круглым столом также имеют горизонтальное и вертикальное расположение шпинделя.

Привод главного движения. Вращение шлифовального круга осуществляется от электродвигателя M_1 через ременную передачу $\frac{\varnothing 194}{\varnothing 105}$

Поперечная подача стола осуществляется от двигателя постоянного тока через передачи $\frac{34}{100}$ и $\frac{50}{100}$ на ходовой винт VII с шагом $p = 5$ мм. Муфта M_1 служит для включения автоматической или ручной подачи. При включении муфты M_1 вправо осуществляется автоматическая непрерывная или прерывистая подача. При включении муфты M_1 влево осуществляется ручная подача (грубая — вращением маховика или тонкая — вращением лимба при включенной червячной передаче $\frac{1}{100}$).

Ручную продольную подачу стола производят маховиком с планетарным механизмом, на выходе которого установлена шестерня, перемещающая рейку, закрепленную на столе. Вертикальная подача шлифовальной бабки осуществляется от шагового электродвигателя M_3 через передачи $\frac{34}{100}, \frac{100}{100}$ муфту M_2 , карданный вал X, электромагнитную муфту

M_3 , червячную передачу $\frac{1}{30}$ на ходовой винт XII с шагом $p = 6$ мм. Ручная подача шлифовальной бабки осуществляется при включенной муфте M_2 влево от маховика и лимба, устройство которых аналогично описанному выше.

Быстрое перемещение шлифовальной бабки производится от электродвигателя M_4 через ременную передачу $\frac{\varnothing 140}{\varnothing 90}$ при выключенной муфте M_3 .

Продольная подача стола осуществляется от гидропривода, выполненного в виде бездифференциального гидроцилиндра, с электрогидравлическим управлением.

11.3. Внутришлифовальные станки.

Внутришлифовальные станки предназначены для шлифования сквозных и глухих отверстий цилиндрической и конической формы, а также для обработки торцов. На таких станках шлифуются отверстия с максимальным диаметром от 25 до 800 мм.

Универсальный внутришлифовальный станок мод. ЗК228В, кинематическая схема которого представлена на рис. 113, предназначен для шлифования цилиндрических и конических, глухих и сквозных отверстий с углом конуса при вершине до 60° . Станок снабжен торцешлифовальным приспособлением, позволяющим шлифовать наружный торец изделия сразу же после шлифования его отверстия.

На станине расположена бабка изделия, в патроне шпинделя которой зажимают шлифуемую деталь. На продольных направляющих качения: станины установлен стол. На поперечных направляющих стола размещен: шлифовальная бабка, несущая шпиндель со шлифовальным кругом. Внутри станины смонтирован гидропривод станка. Органы управления станком расположены на передней панели станины. Торцешлифовальное приспособление смонтировано на корпусе передней бабки.

Главное движение осуществляется от электродвигателя 65 через плоскоремennую передачу 55-56. Шлифовальные шпиндели - сменные, со шкивами диаметром 60-160 мм, чем достигается изменение частоты вращения шлифовального круга.

Круговая подача - вращение шлифуемой детали - производится электродвигателем 7 постоянного тока с бесступенчатым регулированием частоты вращения вала через клиноремennую передачу 66 — 67.

Продольная подача - возвратно-поступательное движение стола - осуществляется от гидропривода 33 с бесступенчатым регулированием скорости движения. Стол имеет также механизм ручного продольного перемещения. В этом случае от маховичка 18 вращение передается через зубчатые колеса 15 — 68 и 16-17 на реечное колесо 14 и рейку 13. Гидравлическое и ручное перемещения стола заблокированы так, что при включении гидропривода ручная подача выключается путем вывода из зацепления с рейкой реечного колеса 14 с помощью блокировочного устройства 35, 21. Поперечная подача шлифовального круга производится перемещением салазок суппорта шлифовальной бабки винтом 63 от механизма поперечной подачи. Эта подача может быть ручная (непрерывная или дозированная) и автоматическая от гидропривода. Ручная непрерывная подача осуществляется с помощью маховичка 52 через зубчатые колеса 44 — 45 и 61 -43 на винт 63. Дозированная ручная подача достигается путем качания рычага 50 через собачку. 36, храповое колесо 47 и зубчатые передачи 44—45, 61—43 на винт 63.

Дозированная гидравлическая поперечная подача шлифовального круга осуществляется от гидроцилиндра 51 через храповое устройство 38,40 на храповое колесо 47 и далее по предыдущей цепи на винт 63. Заслонкой 37, управляемой кнопкой 53, можно ограничить число зубцов храпового колеса 47, захватываемых собачкой 40, т. е. установить определенную величину дозированной поперечной подачи шлифовального круга, или вообще отключить подачу от гидропривода.

Быстрое поперечное перемещение шлифовальной бабки осуществляется вручную с помощью маховичка 52, через зубчатые колеса 46 — 57, 61—43, и винта 63.

Торцешлифовальное приспособление. Станок оснащен торцешлифовальным приспособлением, позволяющим шлифовать торец детали специальным кругом. Шпиндель этого приспособления вращается от индивидуального электродвигателя 1 через ременную передачу 23—24. Наладочное продольное перемещение шлифовального круга достигается враще-

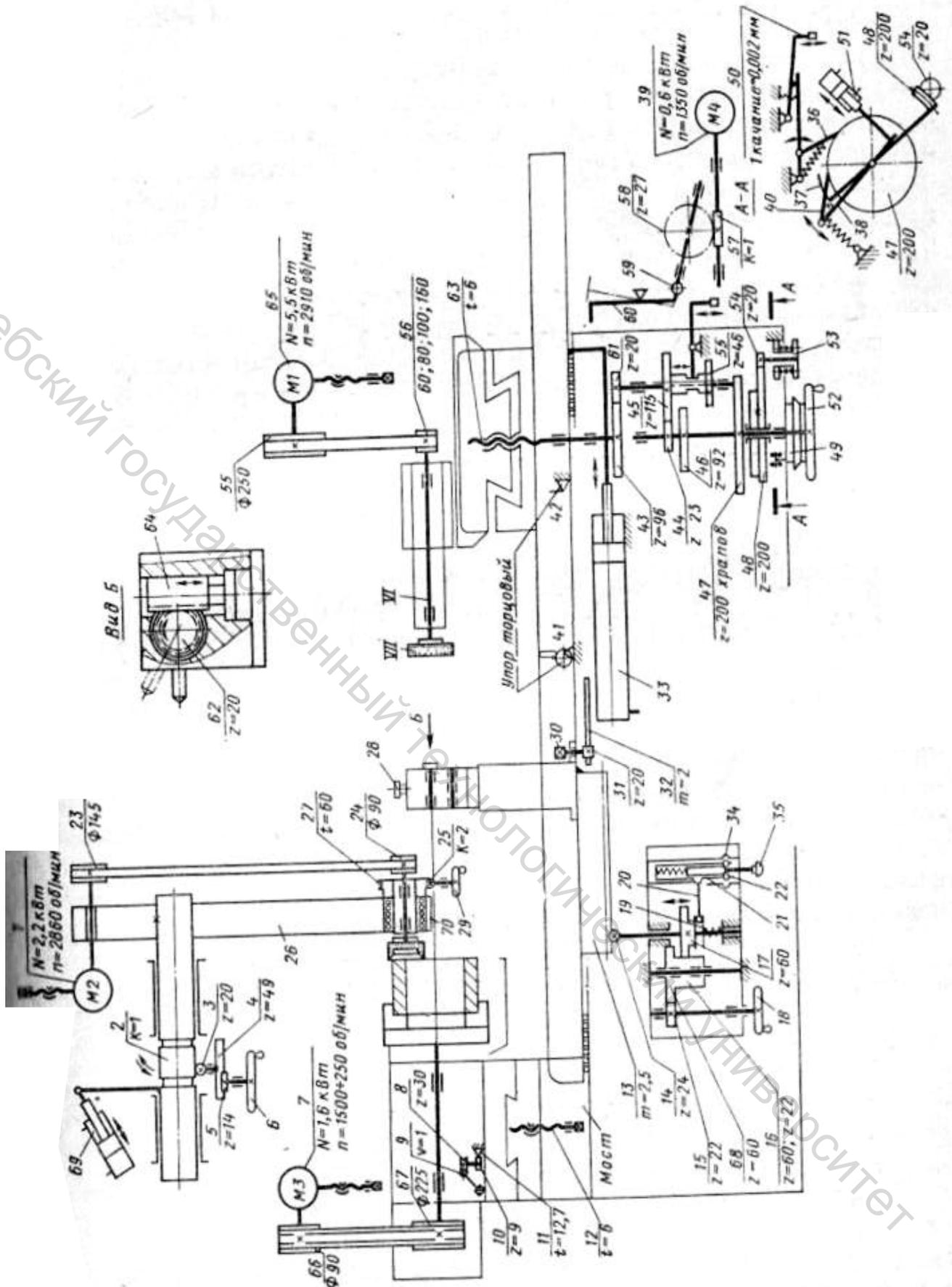


Рис. 113 Кинематическая схема универсального внутришлифовального станка мод. 3К228В

нием маховичка 6 через зубчатую пару 5—4 с внутренним зацеплением и пару 3 — 2. Рабочая (осевая) подача производится при вращении маховичка 2°; при этом через червячную пару 25 — 27 и винтовую пару качения 70 продольно перемещается гильза торцового шпинделя, несущего круг. Хобот 26 имеет три позиции и поворачивается от гидропривода 69 из

верхнего нерабочего положения в нижнее рабочее и обратно, а также в положение, при котором осуществляется правка круга.

Механизм колебательного движения стола. В качестве приспособления станку придается механизм колебательного движения стола, который, сообщая ему продольные колебательные движения, заставляет шлифовальный круг совершать осциллирующие движения, способствующие получению менее шероховатой шлифуемой поверхности. Механизм имеет индивидуальный электродвигатель 39, от которого через червячную пару 66 — 58 приводится во вращение регулируемый эксцентрик 59, а от него приходит в колебательное движение рычаг 60, передающий, в свою очередь, качание столу.

11.4.Бесцентровошлифовальные станки.

Бесцентрово-шлифовальные станки предназначены для высокопроизводительного шлифования поверхностей типа тел вращения малого диаметра и большой длины, а также деталей, не имеющих центровых отверстий.

На бесцентрово-шлифовальных станках заготовки обрабатывают тремя способами (рис. 114) шлифованием напроход, врезным шлифованием, шлифованием до упора. Перемещение заготовки 2 вдоль периферии круга / осуществляется в результате поворота ведущего круга 4 на определенный угол или за счет наклона опорного ножа 3 (рис. 115). Во всех случаях заготовка 2 находится в контакте с опорным ножом 3, шлифовальным кругом 1 и ведущим кругом 4. Оба круга вращаются в одном направлении. Частота вращения шлифовального круга в 60—100 раз выше частоты вращения ведущего круга (рис.. 116).

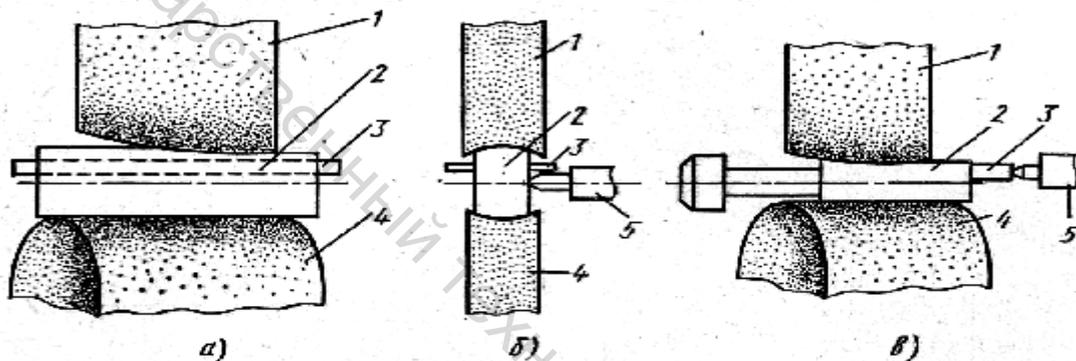


Рис. 114 Схемы бесцентрового шлифования.

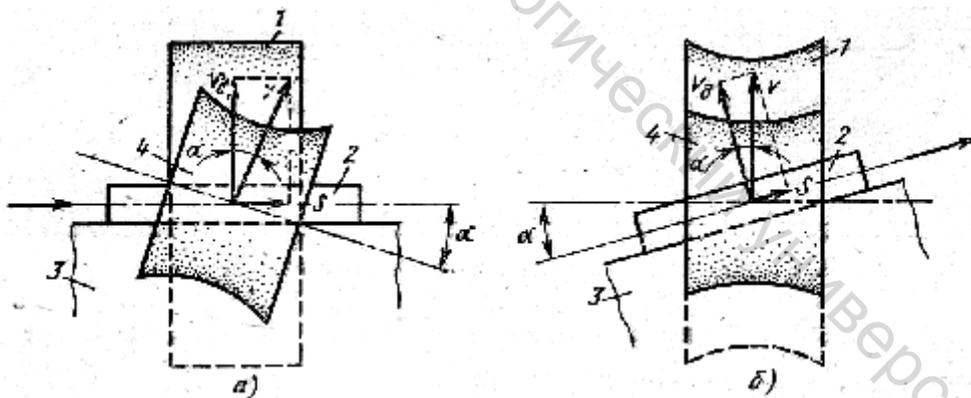


Рис. 115 Способы бесцентрового шлифования.

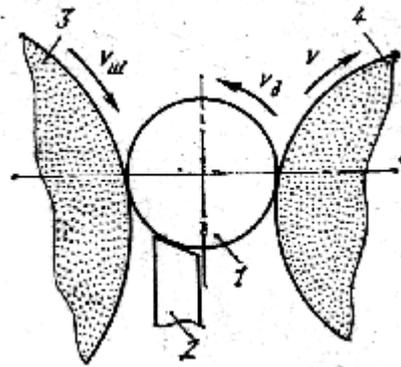


Рис. 116 Схема бесцентрового шлифования.

Поперечная подача на бесцентрово-шлифовальных станках осуществляется перемещением ведущего круга и опорного ножа относительно неподвижной шлифовальной бабки; перемещением шлифовальной бабки и опорного ножа относительно неподвижного ведущего круга; перемещением шлифовального и ведущего кругов относительно неподвижного опорного ножа.

В большинстве современных станков применяют бесступенчатое регулирование частоты вращения ведущего круга, что позволяет сохранить постоянную производительность по мере изнашивания ведущего круга. Обрабатываемые детали базируются либо на ноже, либо на башмаках. Станки снабжаются приборами правки шлифовального и ведущего кругов.

В станках этого типа отсутствуют какие-либо приспособления для закрепления заготовок, так как их базируют на опорных ножах различной конструкции. Ножи выполняют гладкой или ступенчатой формы из легированной стали, а опорную поверхность закаливают, или из углеродистой стали, в этом случае нож оснащают пластинкой из твердого сплава. При отделочном шлифовании и полировании применяют ножи с опорной поверхностью, выполненной из твердой резины.

Бесцентрово-шлифовальный станок предназначен для обработки методами продольного или врезного шлифования гладких, ступенчатых, конических и фасонных поверхностей тел вращения.

Кинематическая схема станка показана на рис.117.

Привод главного движения. Вращение шлифовального круга осуществляется от асинхронного электродвигателя $M1$ через ременную передачу $\frac{\varnothing 188}{\varnothing 140}$. Электродвигатель установлен на отдельной плите с индивидуальным фундаментом.

Вращение ведущего круга осуществляется от электродвигателя постоянного тока $M2$ типа ПБСТ-22 через червячную передачу $\frac{1}{24}$. Ручное перемещение шлифовальной бабки осуществляется от маховика через червячную передачу $\frac{1}{50}$ на ходовой винт VII с шагом $p = 4$ мм. Быстрое перемещение шлифовальной бабки осуществляется от электродвигателя $M4$ через цилиндрическую передачу $\frac{33}{60}$ и червячную передачу $\frac{1}{50}$ на ходовой винт VII с шагом $p = 2$ мм.

Перемещение салазок механизмов правки шлифовального и ведущего кругов осуществляется по цепи: двигатели $M3$ — передачи $\frac{28}{102}$ — предохранительные муфты M_1 и M_2 — передачи $\frac{35}{95}$ - ходовые винты XII с шагом $p = 21$ мм.

Толчковую подачу шлифовальной бабки производят рычагом 3 через храповую собачку и храповое колесо $z = 80$ и далее по кинематической цепи перемещения шлифовальной бабки.

Движение врезания шлифовальная бабка получает от гидроцилиндров $ГЦ1$ и $ГЦ2$. Поперечная подача осуществляется от гидроцилиндра $ГЦ1$, который перемещает клин 6 , контактирующий со штоком гидроцилиндра $ГЦ2$, являющегося продолжением винта VII . Ускоренный привод осуществляется штоком гидроцилиндра $ГЦ2$. Выхаживание происходит на

11.5. Резьбошлифовальные станки.

Резьбошлифовальные станки применяют для чистовой обработки точных резьб, например резьбы метчиков, резьбовых калибров, точных ходовых винтов. Мелкие резьбы нарезают сразу шлифовальным кругом, а крупные шлифуют после предварительной их нарезки. Существуют три способа шлифования резьбы.

1. Резьба шлифуется одноконтурным шлифовальным кругом (рис. 118,а). Рабочие движения: быстрое вращение шлифовального круга / — главное движение (v_k); медленное вращение заготовки 2 — окружная подача (s_{OK}); радиальная подача круга для врезания (s_{BP}); продольная подача заготовки (s_{np}) на величину шага t_H резьбы за один оборот заготовки. Ось шлифовального круга повернута относительно оси заготовки на угол подъема резьбы. Это позволяет получить большую точность профиля шлифуемой резьбы.

2. Резьба шлифуется многоконтурным кругом с кольцевыми канавками заданного шага (рис. 118,б). В этом случае ширина b круга должна быть больше длины / шлифуемой резьбы на 2 — 4 шага. Рабочие движения: быстрое вращение круга / (v_k); медленное вращение заготовки 2 — окружная подача (s_{OK}); радиальная подача при врезании круга (s_{BP}) и продольная подача заготовки (s_{np}) на шаг резьбы t_H за каждый оборот заготовки. Этот способ производительнее, чем первый, однако резьба получается менее точной, так как профиль ее искажается вследствие параллельности осей круга и заготовки.

3. Если необходимо нарезать длинную резьбу многоконтурным шлифовальным кругом с кольцевыми канавками, то применяют конический круг. В этом случае имеют место следующие рабочие движения (рис. 118,в): быстрое вращение шлифовального круга 1 (v_k); медленное вращение заготовки 2 — окружная подача (s_{OK}); продольная подача заготовки (s_{np}) на величину шага резьбы t_H за один оборот заготовки. Шлифовальный круг (рис. 118,г) заправлен на конус с углом $\gamma = 5 - 10^\circ$, поэтому при продольном перемещении заготовки происходит постепенное врезание круга, и только последние его нитки образуют резьбу полного профиля.

Резьбошлифовальный станок мод. 5822М предназначен для выполнения основных резьбошлифовальных операций: шлифование цилиндрических и конических резьбовых калибров, точных винтов и червяков; затылование метчиков, модульных червячных фрез, резьбовых плоских плашек для резьбонарезных головок и т. д. Станок может работать одноконтурным и многоконтурным кругами.

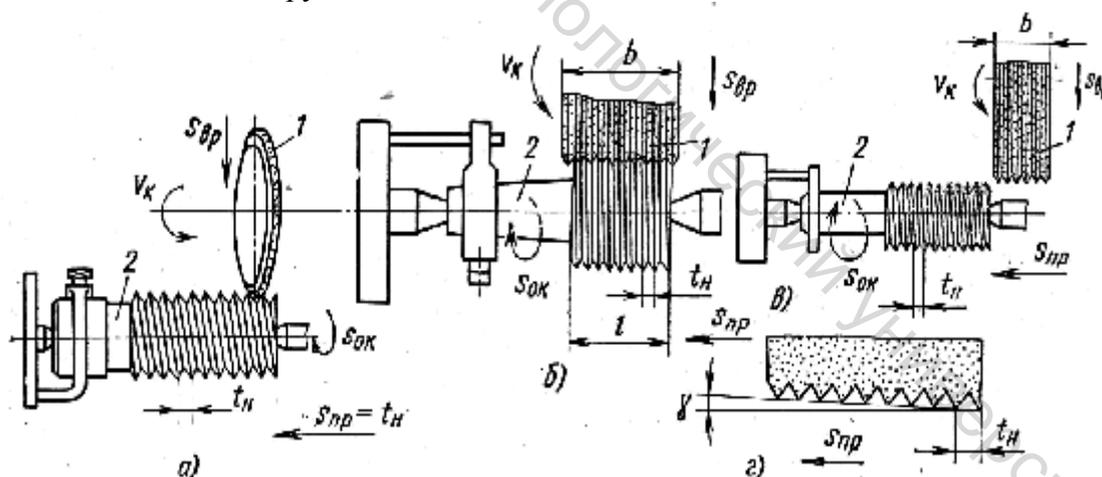


Рис. 118 Схемы шлифования резьбы.

Основные узлы станка (рис. 119): станина коробчатой формы, по горизонтальным направляющим которой перемещается стол; передняя бабка с приводом вращения заготовки и шпинделем; задняя бабка (на схеме не показана); шлифовальная бабка 5 с индивидуальным приводом от электродвигателя 6.

Для вращения шпинделя изделия применен бесступенчатый электродвигатель 9 постоянного тока, питаемый от электромашинного усилителя с широким диапазоном регулирования. Станок имеет дифференциал, с помощью которого можно затыловать детали со спиральными канавками.

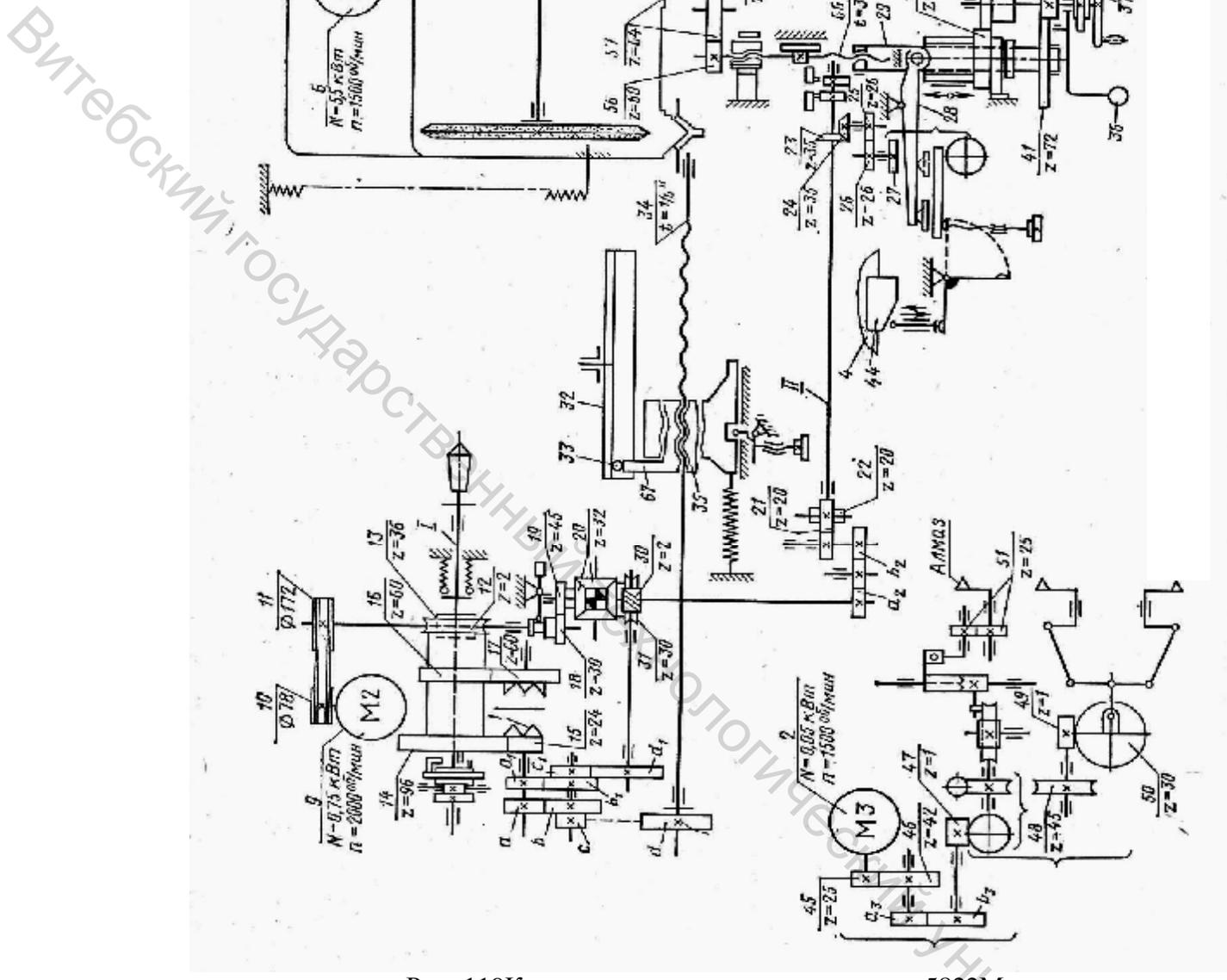


Рис. 119 Кинематическая схема станка мод. 5822М

Главное движение (вращение шлифовального круга) осуществляется от электродвигателя б через ременную передачу со сменными шкивами 7 и 8. Круговая подача (вращение заготовки) производится электродвигателем 9 через ременную передачу со шкивами 10-11 и червячную пару 12—13. Продольная подача стола с заготовкой осуществляется от шпинделя / через зубчатые колеса 14 — 15 или 16-17, муфту /, сменные колеса гитары подач *a - b, c — d* и ходовой винт 34.

Передачное отношение гитары подач подсчитывают, как и для винторезных цепей, по формуле

$$\frac{a c}{b d} = C \frac{kt_H}{t_B}, \quad (11.1)$$

где *k* - число заходов резьбы; *C* - постоянная цепи (*C* = 4 или 1); *t_H*- шаг шлифуемой резьбы; *t_B* — шаг ходового винта.

Поперечное перемещение шлифовальной бабки 5 осуществляется вручную маховичком 37 через колеса 40-41 или 42-43 на ходовой винт 66 или механически от электродвигателя 3 через зубчатые колеса 52 — 53, червячную пару 54-55, колеса 62-63, храповой механизм 65-64 и колеса 60-61, 58-57-56 на ходовой винт 66.

Станок снабжен специальным механизмом, позволяющим затыловать зубья инструмента с прямыми и винтовыми канавками. При затыловании инструмента с прямыми канавками настраивается только гитара затылования ($a_2 — b_2$), а при винтовых канавках настраиваются две гитары: дифференциала ($a_1 — b_1, c_1 — d_1$) и затылования ($a_2—b_2$).

Цепь перемещения шлифовальной бабки при затыловании берет начало от шпинделя изделия и далее через червячную пару 13 — 12, зубчатые колеса 18-19, дифференциал 20, сменные колеса $a_2 — b_2$, зубчатые колеса 21—22, вал II, коническую пару 23-24, колеса 25-26, кулачок 27, рычаг 28 и винтовую пару 29 — 66 передает движение бабке 5 со шлифовальным кругом. Число зубьев сменных колес гитары затылования подсчитывают по формуле

$$a_2 / b_2 = C_3 / z_k, \quad (11.2)$$

где z_k —число канавок; C_3 — постоянная цепи.

Цепь дополнительного поворота при затыловании инструмента с винтовыми канавками идет от шпинделя изделий / через зубчатые колеса 14-15 или 16-17, сменные колеса гитары дифференциала $a_1-b_1, c_1 — d_1$, червячную пару 30 — 31 и далее по предыдущей цепи.

В этом случае передаточное отношение гитары дифференциала подсчитывают по формуле

$$\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{C_d t_n}{s}, \quad (11.3)$$

где

$$s = p D_{cp} C \operatorname{tg} \beta$$

D_{cp} - средний диаметр затылуемого инструмента, мм; β - угол наклона спирали; t_n — шаг шлифуемой резьбы, мм; C_d - постоянная цепи.

Быстрый отвод шлифовальной бабки производится с помощью рукоятки 36. Передача 38 — 39 служит для микроподачи. В станке имеется корректирующее устройство для компенсации погрешностей шага ходового винта 34. Устройство имеет поворотную линейку 32, связанную через ролик 53 и рычаг 61 с гайкой 35 ходового винта. Линейка 44, установленная на станине 4, служит для шлифования конусов.

Механизм для правки шлифовального круга приводится в движение от электродвигателя 2 через зубчатые колеса 45—46, сменные колеса $a_3 — b_3$, червячные пары 47-48 и 49-50 и колеса 51.

11.6. Универсально-заточные станки.

Заточные станки служат для заточки инструмента и применяются в инструментальных цехах заводов и в заточных отделениях механических цехов. По способу заточки они разделяются на две группы: станки для абразивной заточки и доводки инструмента, работающие шлифовальным кругом; станки для безабразивной заточки и доводки. Первая группа имеет большее распространение; огромное значение приобрела заточка инструмента алмазными кругами, применение которых значительно повышает производительность и качество заточки. К безабразивной заточке относятся электроискровой и анодно-механический способы (см. гл. XV).

По назначению заточные станки делятся на универсальные — для заточки различных видов инструмента и специальные — для заточки инструмента определенного вида.

Универсальный заточный станок ЗВ642 предназначен для заточки основных видов режущего инструмента: резцов, фрез, зенкеров и т. д. Станок оснащается различными приспособлениями, позволяющими устанавливать и закреплять затачиваемый инструмент. Кроме того, на станке можно производить наружное, внутреннее и плоское шлифование. Заточивание и шлифование производят при ручном перемещении детали со столом. Техническая характеристика станка: наибольший диаметр устанавливаемой детали 250 мм; наибольшая длина детали, устанавливаемой в центрах, 630 мм; размеры рабочей поверхности стола (длина и ширина) 900 x 140.мм; наибольшее вертикальное перемещение шлифовальной головки

250 мм. На рис. 120 приведена кинематическая схема станка. Глазное движение — вращение шпинделя со шлифовальными кругами 1 и 2 осуществляется от двухскоростного электродвигателя 3 через ременные передачи 4-5 или 6 — 7 и далее через передачу 8 — 9 на шпиндель // . Периферией цилиндрического круга 2 шлифуют поверхности тел вращения, которые устанавливаются в центрах приспособления на столе станка, а чашечным кругом 1 — плоские поверхности инструмента, например резьбу метчика по передней плоскости. Электродвигатель вместе с кронштейном, на котором он установлен, и со шкивом 8 может опускаться с помощью винта 10 вниз, натягивая ремень шлифовальной головки.

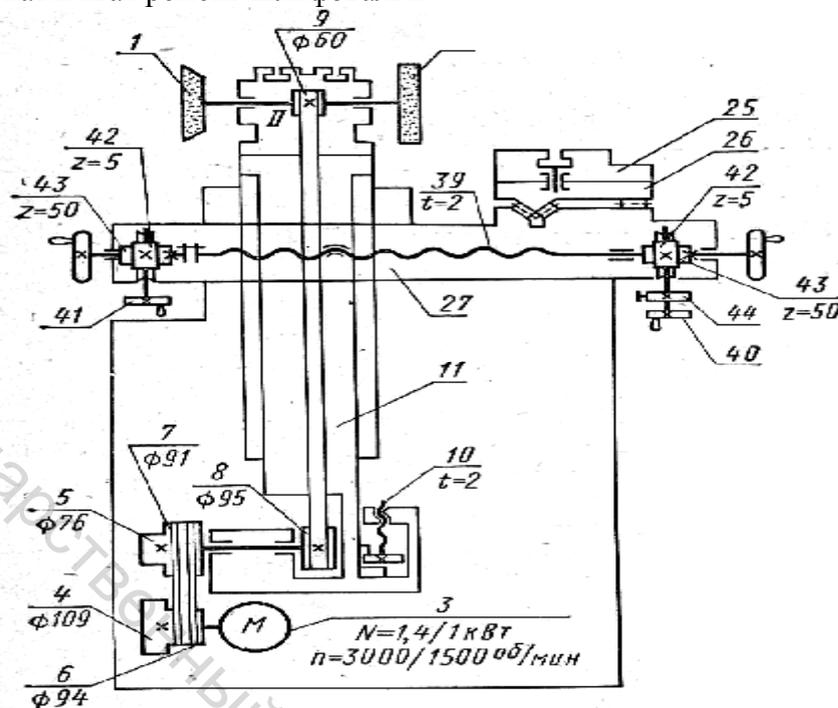


Рис. 120 Кинематическая схема станка мод. 3D642.

Шлифовальная головка со шлифовальными кругами смонтирована на верхней части вертикальной колонны 11 и может поворачиваться с ней вокруг вертикальной оси. Кроме поворота, колонна может перемещаться вверх или вниз с помощью маховиков 12 или 13 (рис. 121). От маховика 12 движение на вал 1 может передаваться непосредственно, если кнопкой 14 включить муфту 45 (быстрое движение), или через планетарный механизм с зубчатыми колесами 15 — 16 и 17 — 18 и далее через червячную передачу 19—20 на реечную пару с реечным колесом 21 и рейкой 22, закрепленной на колонне (медленное движение). Если колонна перемещается с помощью маховика 13, то движение идет через коническую пару 23 — 24 и далее по той же цепи.

Стол с суппортной группой состоит из трех частей. На верхней поворотной части 25 (см. рис. 120) устанавливают в соответствующих приспособлениях затачиваемый инструмент. Верхняя часть стола поворачивается относительно средней части 26 для заточки конических поверхностей инструмента. Средняя часть стола имеет ручное продольное перемещение на роликовых направляющих нижней части 27. Это перемещение производят маховиками 28 или 29 (рис. 121) с реечными зубчатыми колесами 30, или рукояткой 31 на корпусе (поводке) планетарной передачи. В последнем случае нажатием кнопки 32 реечное колесо 33, связанное с планетарным механизмом, включают, а колеса 30, связанные с маховиками 28 и 29, отключают от рейки 34; при этом стол получает медленную поперечную подачу от планетарного механизма с колесами 35—38.

Нижнюю часть стола вместе со средней и верхней частями перемещают в поперечном направлении с помощью ходового винта 39 и гайки, закрепленной на станине. Тонкая (замедленная) поперечная подача осуществляется вращением маховиков 40 или 41, которые через передачи 42 — 43 поворачивают ходовой винт 39.

Храповой механизм 44 приводится в движение специальной рукояткой и через ту же передачу 42 — 43 сообщает ходовому винту, а следовательно, и столу периодическое замедленное движение. Тонкая (замедленная) подача стола позволяет осторожно подводить затачиваемый инструмент к шлифовальному кругу.

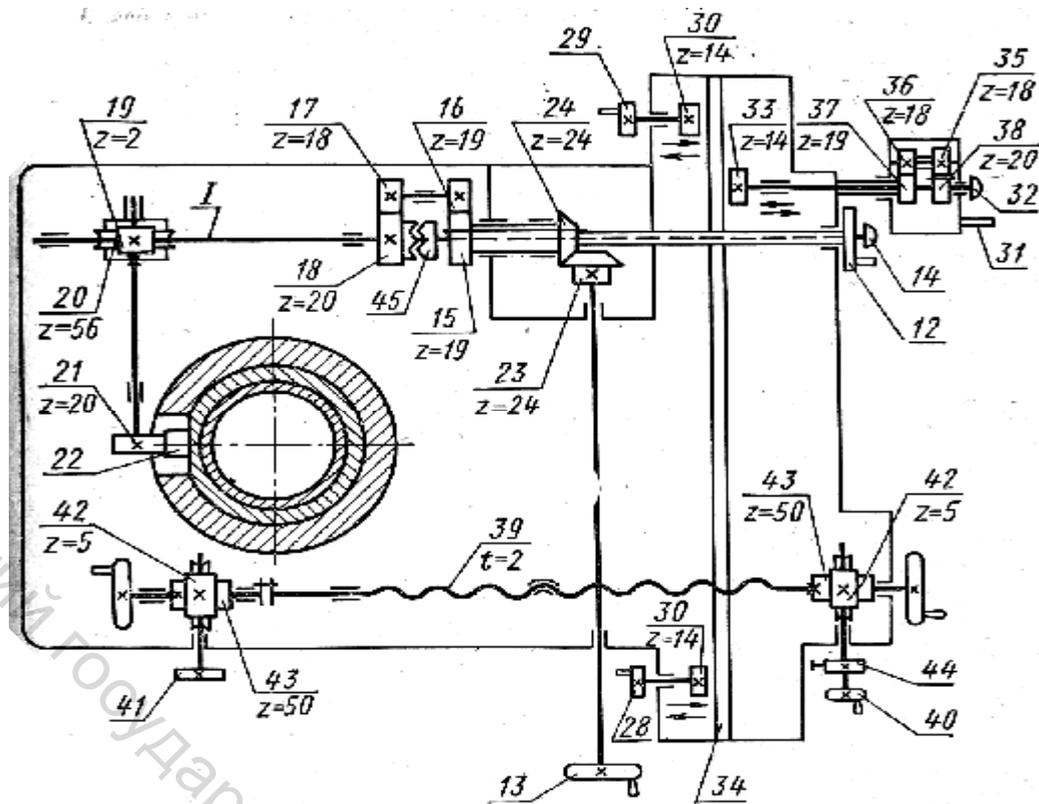


Рис. 121 Кинематическая схема шлифовальной головки.

Приспособления станка значительно расширяют область его использования. К таким приспособлениям относятся передняя бабка с делительными дисками, задняя бабка, универсальная заточная головка, универсальные поворотные тиски, приспособление для правки кругов, приспособление для заточки фрез с затылованными зубьями, приспособление для заточки сверл, упор для заточки фрез с винтовыми зубьями и некоторые другие.

11.7. Станки для заточки червячных фрез.

Оправку с заточиваемой фрезой устанавливают в центрах передней делительной и задней бабок станка, которые вместе со столом перемещаются возвратно-поступательно по направляющим станины. На вертикальной колонке установлена шлифовальная головка со шпинделем, несущим чашечный шлифовальный круг. На рис. 122 представлена кинематическая схема полуавтомата.

Станок имеет следующие рабочие и установочные движения: 1) вращение шлифовального круга (от электродвигателя 47); 2) возвратно-поступательное движение стола; 3) поворот шпинделя делительной бабки для периодического поворота фрезы с целью последовательной заточки ее зубьев; 4) поворот фрезы при заточке фрез с винтовыми канавками; 5) поворот фрезы на шлифовальный круг (на глубину врезания) после каждого полного оборота фрезы; 6) установочный поворот шпинделя с целью проверки положения фрезы относительно шлифовального круга; 7) установочное осевое перемещение пиноли со шлифовальным шпинделем; 8) подъем и опускание колонки со шлифовальной головкой; 9) поворот колонки со шлифовальной головкой вокруг вертикальной оси; 10) ручное перемещение стола.

Возвратно-поступательное движение стола производится гидроприводом 1 с дроссельным регулированием. Длина хода стола устанавливается положением кулачков 2 — 3, закрепляемых в пазу стола.

Поворот шпинделя делительной бабки на $1/2$ часть оборота (z — число канавок на фрезе) происходит после каждого двойного хода, стола, когда он находится в крайнем левом положении и шлифовальный круг вышел из контакта с фрезой. В этот момент золотник 4 с помощью рычага 5, муфты 6 и рычага 7 поднимает ползунку 8 с фиксатором 9. Фиксатор, выходя из паза делительного диска 10, освобождает шпиндель. Затем поршень-рейка 11 с помощью свободно сидящего на шпинделе зубчатого колеса 12 и храпового колеса 14 поворачивают шпиндель на $1/z$ часть оборота, после чего фиксатор попадает в очередной паз делительного диска и фиксирует шпиндель в новом положении. После поворота шпинделя

поршни золотников 4 и 15 возвращаются в исходное положение, а стол начинает двигаться вправо. Собачка 13 храпового механизма выходит из зацепления с храповым колесом. Теперь шпиндель, двигаясь возвратно-поступательно, может еще и поворачиваться, что необходимо при заточке поверхности винтовой канавки фрезы.

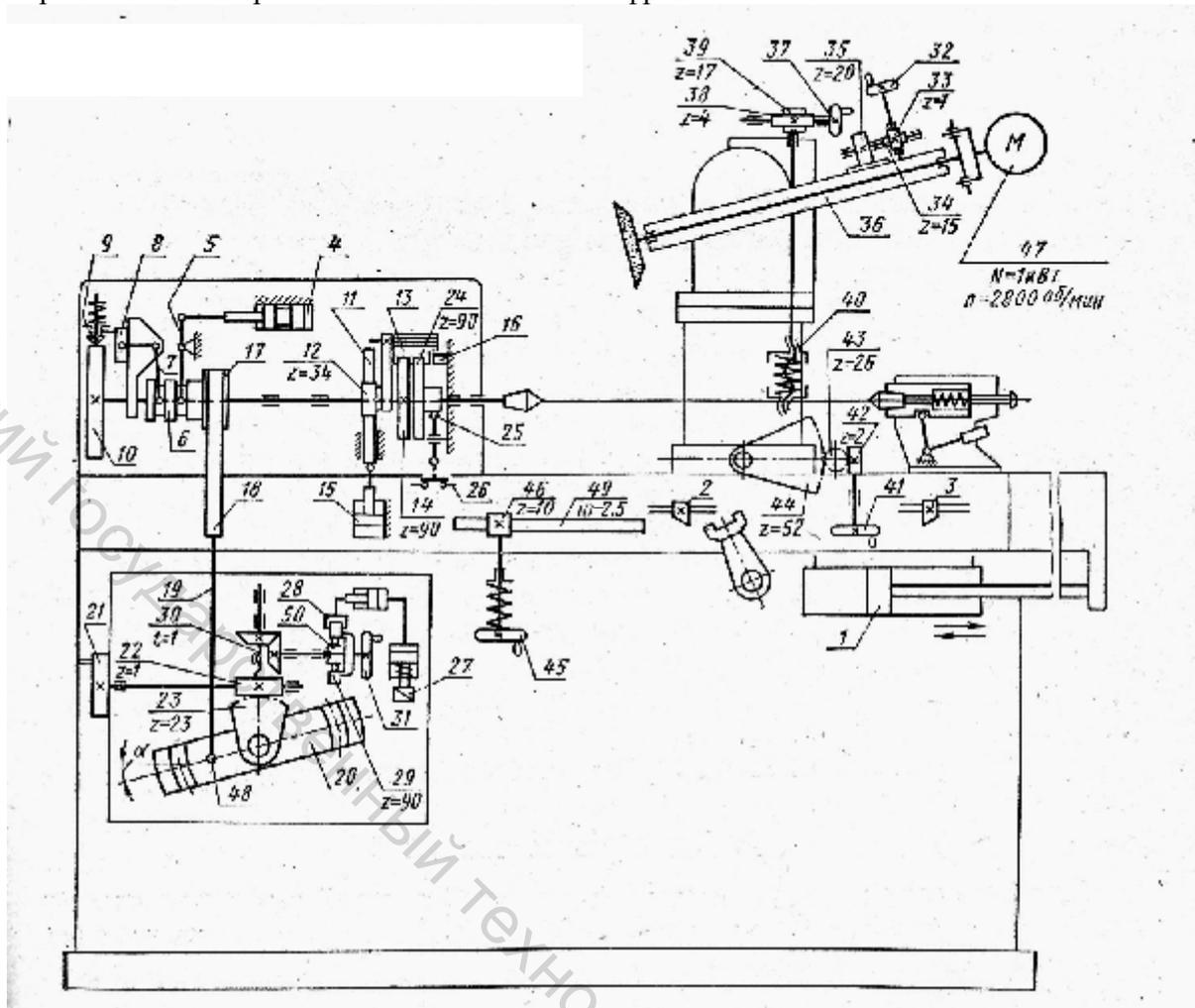


Рис. 122 Кинематическая схема полуавтомата для заточки червячных фрез.

Для указанного поворота шпинделя имеется следующее устройство: на шпинделе свободно насажен диск 17, связанный стальными лентами 18 с ползуном 19. На конце ползуна установлены два сферических шарикоподшипника 48, которые входят в паз копирной линейки 20. При заточке винтовой канавки фрезы линейку 20 с помощью маховика 21 червячной пары 22—23 поворачивают вокруг оси, устанавливая под заданным углом α к направлению хода стола. Этот угол определяют из условия, что за один оборот шлифуемой фрезы стол должен переместиться на величину шага ее винтовой канавки; следовательно,

$$1 \text{ об.фр} \cdot \pi D = T \operatorname{tg} \alpha, \text{ где } D - \text{ диаметр диска } 17, \text{ равный } 120 \text{ мм; } T - \text{ шаг винтовой канавки фрезы, мм; } \alpha - \text{ угол наклона копирной линейки.} \quad (11.4)$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \alpha = 376,8 / T.$$

При возвратно-поступательном движении стола ползун 19 получает такое же движение сверху вниз, а диск 17 стальными лентами 18 поворачивается то в одну, то в другую сторону. Это движение передается шпинделю и затачиваемой фрезе через фиксатор 9 и диск 10. После каждого оборота фрезы, когда шлифовальный круг прошел по всем ее канавкам, совершается дополнительный небольшой поворот шпинделя с фрезой на глубину врезания (0,01-0,03 мм). Это происходит следующим образом. Одновременно с очередным поворотом шпинделя собачка 13 храпового механизма поворачивает храповое колесо 24 с кулачком 25, который воздействует на микропереключатель 26 и включает электромагнит 21. Последний, толкая через гидравлическое устройство собачку 28, поворачивает храповое колесо 29 и, через коническую пару, — ходовой винт 30, от которого получают вертикальное перемещение салазки с линейкой 20. Перемещение линейки через ползун 19 и стальные ленты 18 сообщает дополнительный поворот диску 11 и шпинделю с деталью.

Установочный поворот шпинделя для выверки положения фрезы относительно шлифовального круга совершается также вертикальным перемещением линейки 20 с помощью рукоятки 31 через коническую пару и винт 30. При этом муфта обгона 50, установленная между храповым колесом 29 и валом, отключается.

Установочное осевое перемещение пиноли со шлифовальным шпинделем (для правки круга и установки его образующей по оси фрезы) производится с помощью маховика 32, передачи 33—34 и реечного колеса 35, находящегося в зацеплении с рейкой гильзы пиноли 36.

Подъем и опускание колонки со шлифовальной головкой производят вручную маховиком 31 через червячную пару 38—39 и ходовой винт 40. Поворот колонки со шлифовальной головкой вокруг вертикальной оси, необходимый для установки круга на угол наклона винтовой канавки затачиваемой фрезы, производят вращением маховика 41 через червячную и зубчатую передачи 42, 43, 44.

Ручное перемещение стола осуществляется маховиком 45 через реечную пару 46 — 49.

11.8. Доводочные станки.

Для снижения шероховатости поверхностей деталей в технологических процессах применяют хонингование, притирку и суперфиниширование.

Хонингование в основном применяется при обработке цилиндрических отверстий. Сущность этого процесса состоит в том, что специальный инструмент (хонинговальная головка), оснащенный абразивными брусками, совершает одновременно вращательное и возвратно-поступательное движения Е неподвижной детали. Абразивные бруски 4 (рис. 123) устанавливаются в пазах боковой поверхности головки и получают автоматическое радиальное перемещение при помощи конусов 2 и 5, насаженных на стержень 3 с резьбой. Стержень после каждого двойного хода инструмента поворачивается и сближает конусы, которые через пальцы / раздвигают абразивные бруски. Благодаря применению брусков тонкой зернистости и сложному характеру их движения относительно обрабатываемой поверхности хонингование дает возможность не только снижать шероховатость поверхности, но и устранять небольшие неточности формы отверстий (конусность, овальность и пр.). При хонинговании применяется охлаждающая жидкость — керосин или водно-мыльные растворы.

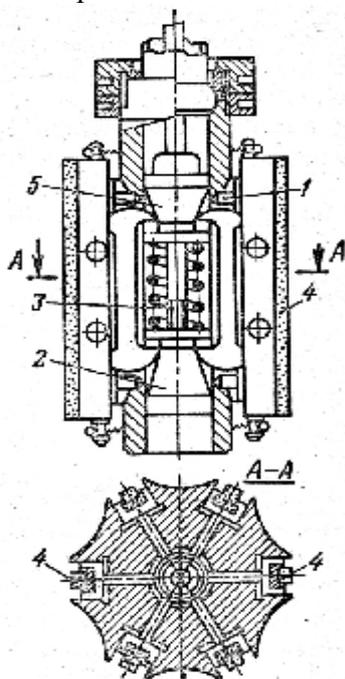


Рис. 123 Схема хонингования.

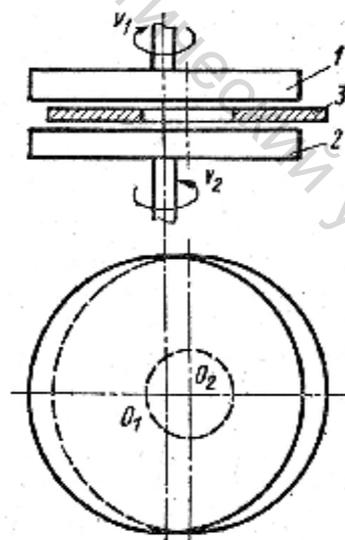


Рис. 124 Схема притирки.

Притирка - тонкая отделка поверхностей мелкозернистым абразивным порошком, смешанным со смазкой и нанесенным в таком виде на поверхность притира. Характер движения каждого зерна абразива по притираемой поверхности должен быть таким, чтобы траектория зерна не повторялась. В качестве абразивного материала используются наждак, корунд, карборунд, крокус, окись хрома, алмазный порошок и другие материалы в виде порошка или пасты, которыми покрывают (шаржируют) притиры.

Притиры изготовляют из чугуна, бронзы и пр. На рис. 124 показана схема притирки. Между притиром 1 и диском 2 расположен сепаратор (деталедержатель) 3 с обрабатываемыми деталями. Притир и диск вращаются вокруг оси O_1 в противоположные стороны с различными скоростями. Сепаратор с осью O_2 получает горизонтальное возвратно-поступательное движение от отдельного привода. Притирочные станки строят как общего назначения, так и специализированного (например, для притирки шеек коленчатых валов).

12. Строгальные и долбежные станки.

Строгальные станки предназначены для обработки резцами плоскостей и фасонных линейчатых поверхностей. Они делятся на поперечно-строгальные, продольно-строгальные и долбежные. Первые применяются при изготовлении мелких и средних по размерам деталей, вторые для сравнительно крупных или для одновременного строгания нескольких деталей среднего размера. Долбежные станки используют для обработки шпоночных пазов, канавок, фасонных поверхностей небольшой длины. Станки имеют рабочий ход, во время которого происходит резание, и обратный ход, когда инструмент возвращается в исходное положение.

12.1. Поперечно-строгальные станки.

Характерным размером поперечно-строгальных станков является длина хода ползуна, которая составляет 200 – 2400 мм. Станки с большим ходом ползуна (от 1500 мм) не имеют подвижного стола. Станки с длиной хода 700—1000 мм — гидрофицированы.

На рис. 126, а представлена кинематическая схема станков 7В35 и 7В36. Наибольшая длина строгания станка 7В35 составляет 0,5 м, станка 7В36 — 0,7 м. В верхних направляющих станины 47 смонтирован ползун (долбяз) 48, совершающий с помощью кулисного механизма возвратно-поступательное перемещение (главное движение). На левом конце ползуна укреплен суппорт. Он состоит из поворотного диска и салазок, получающих вертикальную подачу от винта XVI. На салазках смонтирована резцовая каретка с откидной планкой, несущей резцедержатель.

На вертикальных направляющих станины находится поперечина, по которой в горизонтальной плоскости перемещается стол 49 (движение подачи). На верхнюю плоскость стола устанавливают заготовки или тиски. Приведенная на рис. 126, а кинематическая схема привода повернута на 90° и представляет собой вид сверху.

Главное движение заимствуется от электродвигателя 45 через клиноременную передачу со шкивами диаметром 140 и 355 мм, четырехступенчатую коробку скоростей и зубчатые передачи 9—10, 12—13. Колесо 13 называется кулисным. Оно насажено на корпус, в направляющих которого находится палец 50 с камнем 51. Последний смонтирован в направляющих кулисы 52. Благодаря этому при вращении кулисного колеса кулиса получает качательное движение, преобразующееся в возвратно-поступательное, передаваемое винту XV и ползуну 48. Длину хода регулируют изменением радиуса (положения пальца 50) винтом X. Это осуществляется вручную, при помощи вала IV, зубчатых колес 27—28 и 29—30.

Коробка подач осуществляет горизонтальные и вертикальные подачи стола. Движение передается от колеса 14 колесу 15, имеющему в торце плоский кулачок, с которым контактирует шарик и реечная передача 19—20, передающая возвратно-поступательное движение на храповой механизм 21. Меняя расстояние между шариком и рейкой 19, меняют амплитуду качания храповика, а следовательно, и количество зубьев храпового колеса 21, захватываемого храповиком. Затем движение передается валам VI, VIII и X/ и далее через колеса 42—43 — на винт XIII горизонтальной подачи или через колеса 40—41 и 33—34 — на винт XIV вертикальной подачи стола. На рис. 126, б показан суппорт станка. Он состоит из корпуса 1, закрепленного в конце ползуна. В направляющих перемещается суппорт 2, в котором смонтирована откидная планка 4 с резцедержателем 5. Во время рабочего хода (влево) планка упирается в опорную плоскость. При обратном ходе она свободно откидывается, качаясь вокруг пальца 3. Положение суппорта относительно оси ползуна можно регулировать, и закреплять суппорт в нужном положении при помощи болта 6.

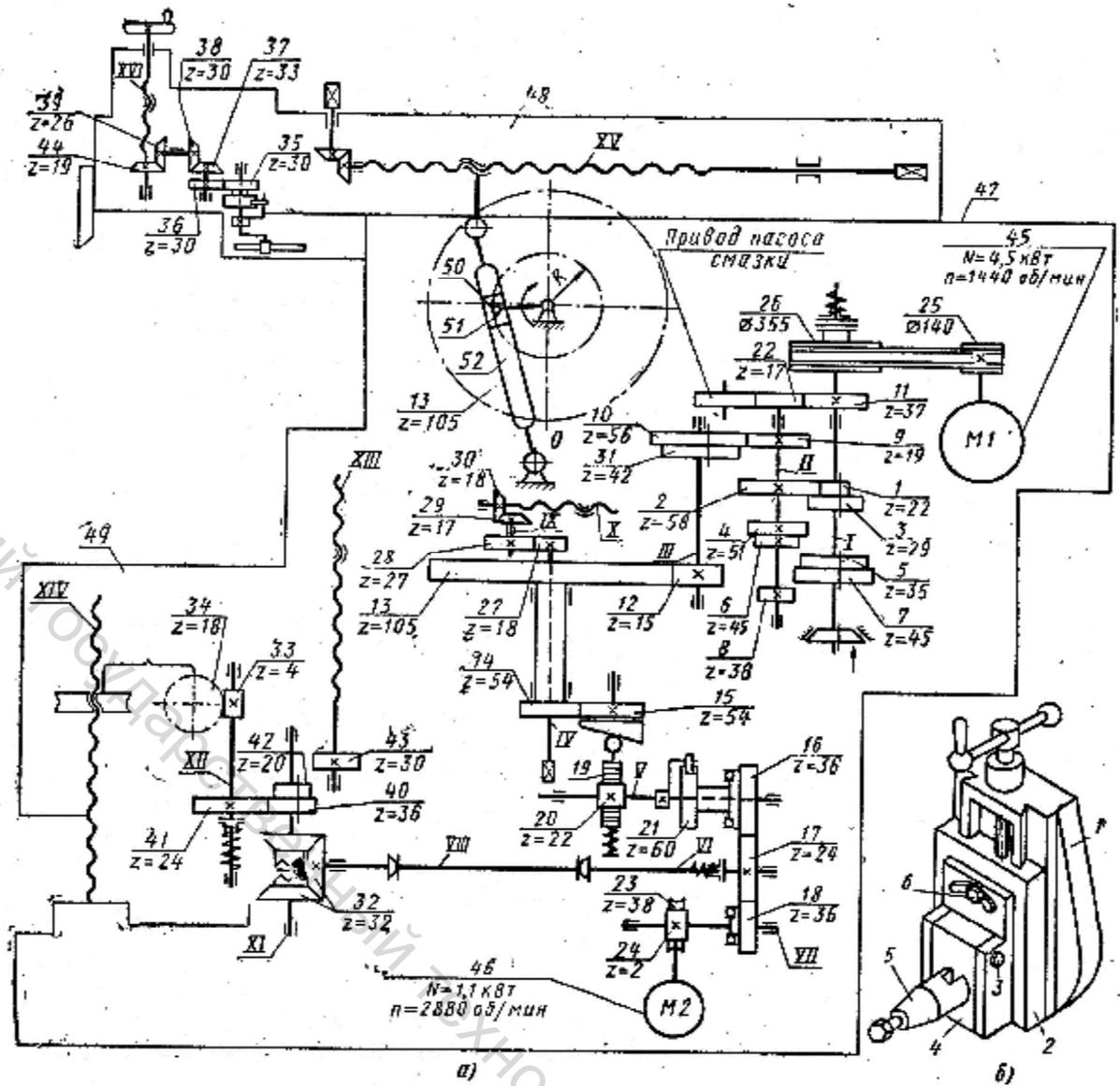


рис. 126 Кинематическая схема поперечно-строгального станка.

12.2. Продольно-строгальные станки.

Размерной характеристикой продольно-строгальных станков являются наибольшие размеры обрабатываемых деталей (ширина \times длина \times высота). Промышленность Советского Союза выпускала станки от 630 \times 2000 \times 550 до 5000 \times 12500 \times 4500 мм. Станки размером до 1600 \times 6300 \times 1250 мм включительно выпускаются в одностоечном исполнении.

У продольно-строгальных станков подвижной частью является стол с закрепленной на нем заготовкой. В зависимости от устройства поперечины различают одностоечные и двустоечные станки. Первые применяют для обработки крупных деталей, ширина которых выходит за пределы расстояния между колоннами станков двустоечного исполнения (рис.127).

Главное движение осуществляется от регулируемого электродвигателя 54 постоянного тока. Рабочий ход передается через двухступенчатую коробку скоростей на передачу червяк—рейка 51—52 по следующему циклу: медленное перемещение стола при врезании резца в заготовку, разгон стола до рабочей скорости, рабочий ход, уменьшение скорости перед выходом резца из заготовки, возврат стола в исходное положение. Для изменения скоростей имеется специальный механизм, смонтированный на коробке скоростей. Реверсирование осуществляется электродвигателем 54.

Движение подачи осуществляется реверсивным электродвигателем 53, от которого вращение передается червячной парой 13—14 на вал / коробки подачи. На этом валу на шпонке смонтирован диск 1, на котором установлен фрикцион 2, связанный пальцем с диском 3, несущим собачку 6 храпового механизма. Собачка вращает храповое колесо 5 и связанное с

ним колесо 4. От него вращение передается на раздаточный вал // и далее через зубчатые колеса-16—17 на колеса 18, связанные с полумуфтами. Верхний (///) и нижний (VI) валы служат для горизонтального перемещения суппортов, а средние валы (IV и V) для вертикального перемещения.

Периодическая подача суппортов осуществляется следующим образом. В момент реверсирования стола с обратного хода на рабочий подается команда электродвигателю 53. Вращение его происходит до тех пор, пока разжимная планка фрикциона 2 не упрется в неподвижный упор и не разожмет фрикцион. При нажатии кулачка на кончик реверса стола в начале рабочего хода электродвигатель 53 отключается. Механизм подачи бокового суппорта устроен аналогичным образом, Установка подачи осуществляется храповым колесом 5, При его вращении приводится в движение подвижный упор, При этом изменяется угол между подвижным и неподвижным упорами и тем самым величина подачи.

Установочные перемещения заимствуют движение от электродвигателя 53, который вращается в направлении рабочей подачи. Одновременно включается электромагнит, который сцепляет червячное колесо 14 с храповым колесом при помощи кулачковой муфты. Далее движение следует по предыдущему. Кнопка установочного перемещения находится на подвесной станции, на которой располагаются и другие кнопки управления. Кроме кнопок управления, на станке имеются средства ручного управления и наладочного перемещения суппортов.

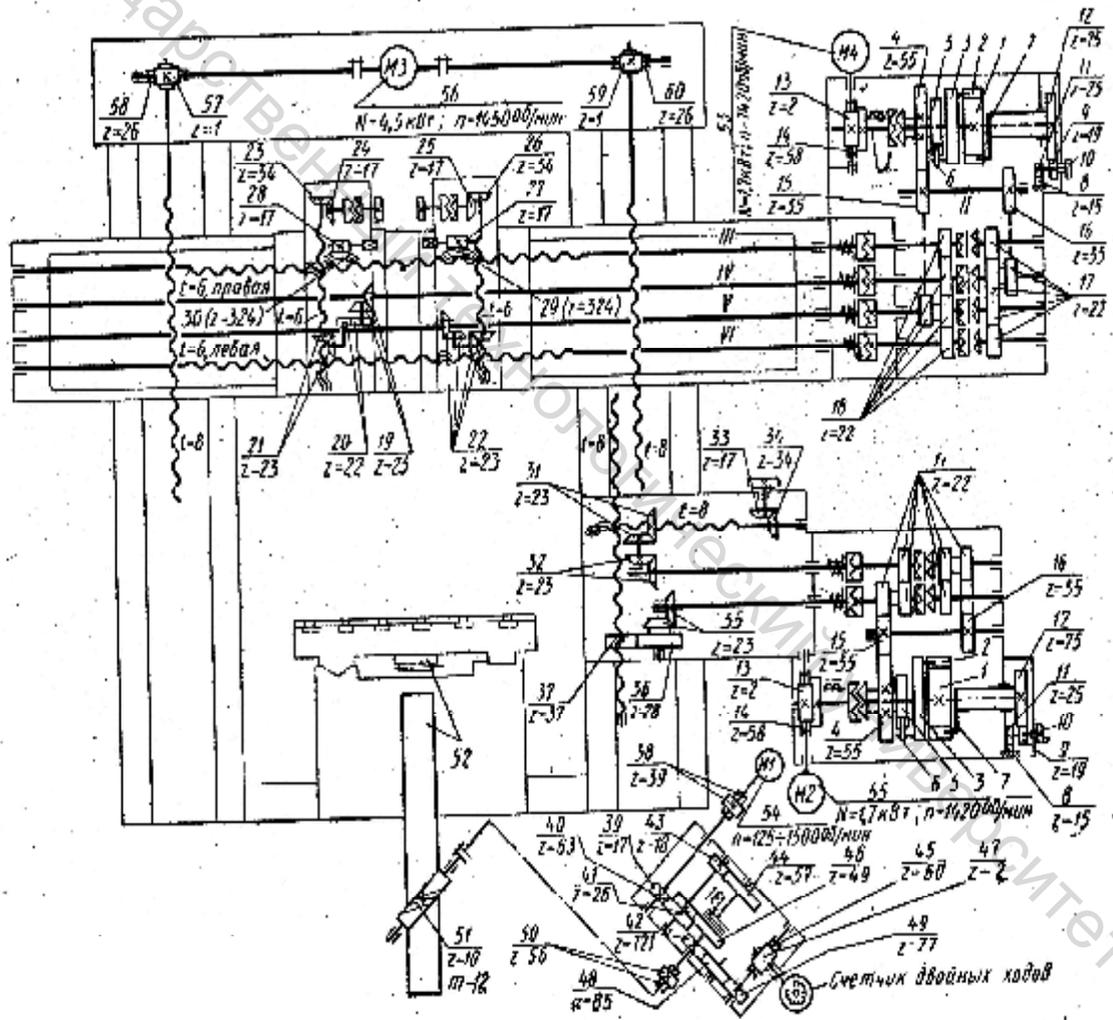


Рис. 127 Кинематическая схема продольно-строгального станка.

12.3. Долбежные станки.

Долбежные станки выпускаются с наибольшим ходом ползуна 100—1600 мм, с диаметром стола 240—1600 мм. Движение ползуна осуществляется механическим и гидравлическим приводами. Механический привод осуществляется при помощи вращательной кулисы, приводимой в движение в большинстве случаев от многоскоростных электродвигателей.

Общий вид долбежного станка 7А420 приведен на рис. 128. В станине / расположены все механизмы станка. В ее вертикальных направляющих движется ползун 2, совершающий вниз рабочий ход и вверх холостой ход. В резцедержателе 3 зажат резец. Деталь устанавливается на столе 4, перемещающемся в направляющих 5. Стол, кроме того, может вращаться. В некоторых конструкциях предусмотрена возможность обработки плоскости под углом 60° к вертикали путем установки ползуна.

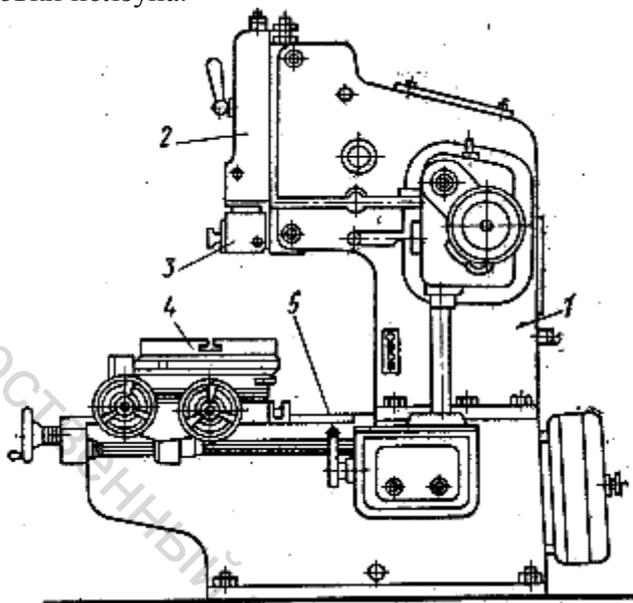


Рис. 128 Компановка долбежного станка.

13. Агрегатные станки.

Агрегатными называются специальные станки, которые состоят из нормализованных деталей и узлов (агрегатов). Станки предназначены для обработки сложных и ответственных деталей в условиях серийного и массового производства. Наибольшие технологические возможности станков обеспечиваются в том случае, когда обрабатываемая деталь в процессе резания неподвижна, а главное движение и движение подачи сообщаются режущим инструментам. Этим достигается наибольшая концентрация операций: можно производить обработку деталей одновременно с нескольких сторон многими режущими инструментами при автоматическом управлении рабочим циклом.

Агрегатные станки различают специальные и переналаживаемые, с полуавтоматическим и автоматическим циклами. Станки не требуют большой производственной площади, обеспечивают стабильную точность обработки, могут обслуживаться операторами невысокой квалификации допускают многократное использование нормализованных деталей и узлов при настройке станка на выпуск нового изделия. Однако эти станки менее гибки при переналадке по сравнению с универсальными станками.

Наибольшее распространение получили агрегатные станки сверлильный, расточной и некоторых других групп. Они позволяют производить сверление, зенкерование, развертывание и растачивание отверстий, резбонарезание и резбонакатывание внутренних и наружных поверхностей, подрезание торцов, фрезерование и другие операции. Компановка станков весьма разнообразна. Она зависит от формы, размеров и точности изготавливаемых деталей, расположения на них обрабатываемых поверхностей и принятого технологического процесса.

На рис. 129 показаны некоторые схемы компоновки агрегатных станков. Основными нормализованными элементами, из которых состоят станки, являются станина /, стойка 6, основание 7, тумба 5 под приспособление 4, многопозиционный стол 9. Силовым органом станков является независимый агрегат силовой головки. Он состоит из самой головки 2 и

шпиндельной коробки 5. Головка предназначена для осуществления главного движения и движения подачи. Она имеет самостоятельный привод. Шпиндельная коробка несет инструментальные шпиндели, вращающиеся от приводного вала силовой головки; движение подачи осуществляется вместе с корпусом головки или пинолью 10 (рис. 129,в) с насадкой 11.

На рис. 129, показан агрегат, в котором силовая головка состоит из силового стола 8 и силовой головки 2. Стол 8 является независимым узлом с индивидуальным приводом движения подачи. Смонтированная на нем силовая головка имеет свой привод, осуществляющий только главное движение. Такая конструкция силовой головки расширяет технологические возможности станка.

Количество силовых агрегатов и инструментальных шпинделей, расположение осей шпинделей в пространстве зависят от назначения станка. Различают станки одноагрегатные (рис. 129,а, б, г, д) и многоагрегатные (рис. 129,в, е), одношпиндельные и многшпиндельные, горизонтальные (рис. 129,я), вертикальные (рис. 129,г, д), наклонные (рис. 129,б, в), смешанные (рис. 129,е), односторонние (рис. 129,а, б, г, д) и многосторонние (рис. 129,в, е).

На однопозиционных станках (рис. 129,а, б, г) операция полностью закапчивается при одном постоянном положении детали. На многопозиционных станках (рис. 129, в, е) обработка деталей параллельно или последовательно осуществляется в нескольких позициях, в нескольких различных положениях относительно инструментов. Периодическое перемещение приспособлений вместе с обрабатываемыми деталями из одной позиции в другую производят при помощи многопозиционных столов; поворотных или с прямолинейным движением.

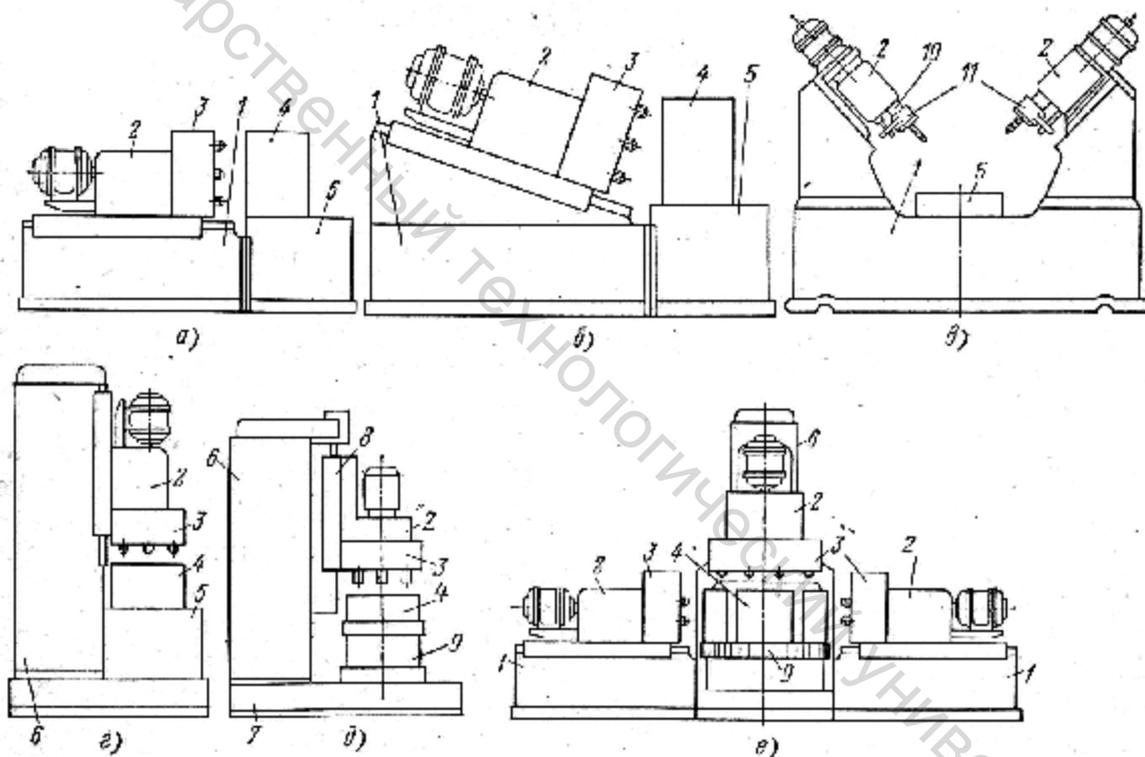


Рис. 129 Компановка агрегатных станков.

Силовые головки. Силовые головки предназначены для сообщения инструменту главного движения, рабочей подачи и установочных перемещений. В большинстве случаев осуществляются циклы движений, включающие быстрый подвод инструмента, рабочую подачу (одну или две, в зависимости от технологического процесса) выдержку на жестком упоре (при необходимости), быстрый отвод и остановку в конце хода. Программа движений может быть различной и осуществляется автоматически.

Основными параметрами силовых головок, которые характеризуют их технологические возможности и служат основанием для выбора конструкции силовых узлов, являются мощность привода главного движения, наибольшая сила подачи, частота вращения приводного вала шпинделя головки, пределы подач, скорость быстрых перемещений, длина рабочего хода, точность переключения механизма подачи, габаритные размеры.

Существует несколько основных признаков классификации силовых головок. По типу подачи их делят на электромеханические (кулачковые и винтовые), гидравлические и пневмогидравлические. По конструктивному признаку головки бывают с выдвигной пинолью и с подвижным корпусом. Головки, у которых привод подачи встроен в корпус, называют самодействующими, в отличие от несамодействующих, у которых часть механизмов (насос, панель управления) вынесена за пределы головки.

Для выполнения фрезерных операций, чернового и чистового растачивания, подрезки больших торцов требуются головки жесткой конструкции, с большим расстоянием между опорами шпинделей в шпиндельных коробах (или бабках) и небольшим их вылетом относительно направляющих. Рассмотренные силовые головки не отвечают этим требованиям. Поэтому возникла необходимость механизм главного движения отделить от механизма подачи и выполнить силовую головку в виде двух независимых узлов: силового стола и силовой бабки.

На рис. 130 представлен общий вид такой силовой головки с винтовым приводом подачи. Главным элементом агрегата является силовой стол 4, установленный в направляющих салазках 5. Независимый привод стола осуществляется с помощью электродвигателей, редуктора / и пары винт — гайка. В зависимости от назначения станка на силовом столе устанавливают сверлильные, фрезерные, обточные, подрезные, алмазно-расточные и другие силовые бабки 2. Бабки имеют отдельный привод главного движения, индивидуальный рабочий шпиндель или приводной вал 3, вращающий шпиндель шпиндельной коробки. Коробки устанавливают на полость *a* стола и закрепляют в плоскости *b* бабки. Силовой стол может быть использован также для установки на нем приспособления с обрабатываемой заготовкой. Движением стола управляют система упоров *b* и конечные электрические переключатели.

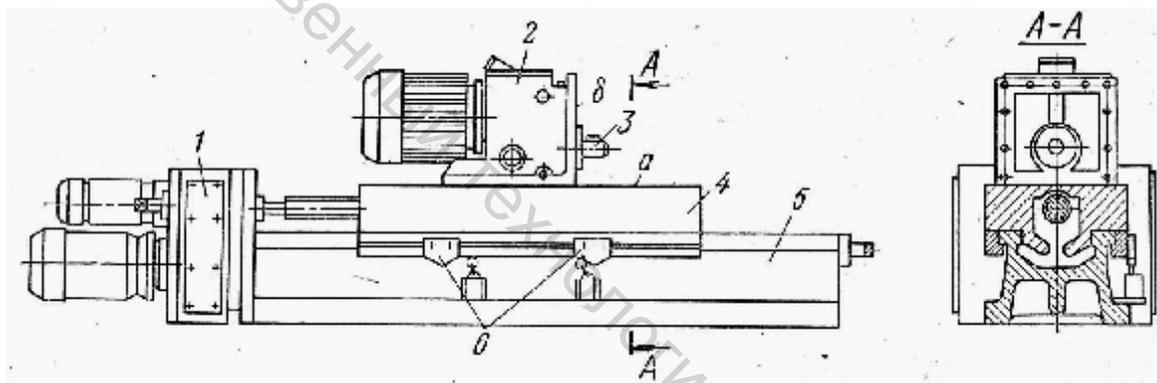


Рис. 130 Общий вид силовой головки.

Головки с силовым столом обеспечивают большую гибкость при конструировании агрегатных станков, а винтовой привод подачи — надежную и стабильную подачу порядка 0,2 — 2,2 мм/с, скорость быстрых ходов 0,07—0,11 м/с и силу подачи 3 -100 кН. Мощность привода главного движения 0,8-30 кВт. Эти показатели такие же, как и у гидравлических силовых головок. К преимуществам силовых головок с винтовым приводом следует отнести также более простую конструкцию и аппаратуру управления; с помощью данных головок можно нарезать резьбу. К недостаткам головок относятся сложность электрической схемы, ступенчатое изменение подачи, трудности при получении малых подач. Вследствие большой инерционности во время быстрых перемещений точность переключения движения стола на рабочую подачу низка (выбег до 2,5 мм), поэтому эти головки требуют большей величины врезания (на 2-3 мм выше нормативного). Силовые столы с гидравлическим приводом подачи не имеют этих недостатков.

14. Станки для электрохимических и электрофизических методов обработки.

14.1. Электроэрозионные станки.

Электроэрозионная обработка основана на тепловом действии импульсных электрических разрядов, возбуждаемых между электрод-инструментом и обрабатываемой заготовкой. Метод основан на разрушении материала обрабатываемой детали при помощи прерывистых дуговых разрядов. При искровом разряде сфокусированный поток электронов, двигаясь

с большой скоростью от одного электрода к другому, создает на поверхности электродов ударные волны сжатия. Возникшее в металле механическое напряжение распространяется по всем направлениям. Достигнув первоначальной поверхности, ударная волна отражается от нее и меняет знак на обратный, вследствие чего происходит выброс частиц металла в направлении, встречном направлению ударной волны сжатия. Электрод постепенно погружается в заготовку, копируя в ней свою форму.

В зависимости от вида применяемых разрядов эрозионные станки делятся на три вида; получивших широкое применение: электроискровые, электродноимпульсные и анодно-механические.

Электроискровые станки используют искровые разряды малой длительности (порядка нескольких сотых микросекунды), которые следуют с большой скважностью. Схема электроискровой обработки показана на рис. 131

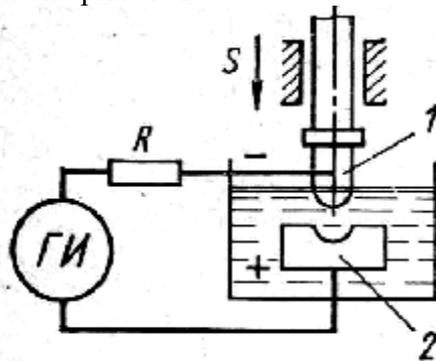


Рис. 131 Схема электроискровой обработки.

Электрический ток от специального импульсного генератора *ГИ* подводится к электрод-инструменту *1* и к обрабатываемой детали *2*. Электрод подключается к отрицательному полюсу генератора, а деталь — к положительному. Обработка производится в жидкой среде, не проводящей электрический ток, например в трансформаторном масле, индустриальном масле 12, смеси индустриального масла с керосином и др.

Процесс обработки состоит в последовательном возбуждении дуговых разрядов между поверхностями электрода и детали через зазор определенной величины. При подаче импульса напряжения на электрод и деталь в межэлектродном зазоре возникает дуговой разряд, который создает на поверхности высокую температуру, порядка 4000-5000 С. Воздействие разряда вызывает на поверхности обрабатываемой детали расплавление металла, который выбрасывается в межэлектродное пространство. Максимальная мощность генератора $1 - 1,5$ кВт, наибольшая энергия импульсов 4-5 Дж.

Электроискровые станки используют при обработке отверстий малого диаметра, узких щелей и других поверхностей деталей из труднообрабатываемых материалов. Производительность станков невелика - порядка $20 \text{ мм}^3/\text{мин}$.

14.2. Электроимпульсные станки.

Электроимпульсные станки отличаются от электроискровых тем, что работают на основе использования импульсных луговых разрядов малой скважности, по разной энергии и частоты. Черновая обработка происходит при большой энергии и низкой частоте, а чистовая обработка — при малой энергии и высокой частоте. Возбуждение разрядов осуществляется электрическим независимым генератором. В отличие от электроискровых, в электроимпульсных станках обрабатываемая деталь соединяется с катодом (—), а инструмент — с анодом (+). Съем металла осуществляется в основном в его капельно-жидком состоянии, что положительно отражается на энергоемкости процесса.

Электрод-инструмент изготавливают из материалов с высокой теплопроводностью, таких как медь, алюминий и его сплавы, специальные графитизированные материалы, вольфрам.

В зоне обработки выделяется большое количество тепла, которое для обеспечения непрерывности обработки необходимо интенсивно отводить. Кроме того, в процессе обработки появляются частицы снятого материала и продукты износа электрода. При малых энергиях разрядов значительно ухудшается очистка межэлектродного промежутка, чем снижается эф-

фективность процесса. Указанные обстоятельства заставляют электроимпульсную обработку осуществлять в два приема. Сначала используют разряды большой энергии с низкой частотой (черновая обработка). На этом режиме удаляют основную часть металла, оставляя припуск порядка 0,5 — 1 мм. После этого снижают энергию разрядов, повышают частоту и удаляют образовавшуюся неровность (чистовая обработка).

Интенсивность съема металла с 1 см^2 обрабатываемой поверхности при оптимальной подводимой мощности составляет для сталей $35\text{—}60 \text{ мм}^3/\text{мин}$. Это позволяет вести обработку со скоростью углубления инструмента в деталь $0,35\text{--}0,6 \text{ мм/мин}$ независимо от размеров обрабатываемой поверхности [44, 64, 65]. Шероховатость поверхности при обработке деталей из стали соответствует $2,5 < Ra < 5 \text{ мкм}$, а при обработке деталей из твердого сплава $1,25 < Ra < 2,5 \text{ мкм}$. Исследования и практика указывают на возможность получения размеров с точностью до $0,08\text{--}0,2 \text{ мм}$ при обработке поверхностей и $0,01\text{--}0,03 \text{ мм}$ при обработке отверстий.

Электроимпульсный метод используется при обработке средних и крупных штампов, пресс-форм и их деталей из закаленных и труднообрабатываемых материалов.

14.3. Станки для анодно-механической обработки.

Станки для анодно-механической обработки осуществляют комбинированный процесс анодного растворения и электроэрозионного воздействия на обрабатываемую деталь. Сущность обработки показана на рис. 132,а. Инструмент 1 в виде диска (или непрерывной ленты) вращается и подается в сторону заготовки 2. Подаваемый в пространство между инструментом и заготовкой электролит растворяет под действием тока металл. Образованная на его поверхности тонкая пленка 3 (рис. 132,б) имеет небольшую прочность и поэтому легко удаляется инструментом. На месте удаленной пленки образуется новая, которая также удаляется инструментом. Одновременно с этим электрохимическим процессом происходит электроэрозионный процесс, так как при удалении пленки возникают искровые промежутки, через которые проходят электрические разряды.

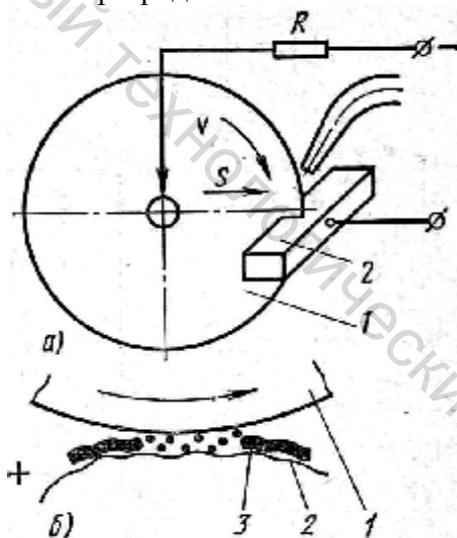


Рис. 132 Схемы анодно-механической обработки.

В качестве электролита, дающего пассивирующую пленку на аноде, применяют водный раствор жидкого стекла. Электрод изготавливают из низкоуглеродистой стали.

Анодно-механическую обработку применяют главным образом для разрезания заготовок из высоколегированных сталей и труднообрабатываемых сплавов, а иногда для шлифования твердосплавных заготовок. Скорость разрезания составляет: диском $15\text{—}35 \text{ см/мин}$, лентой — до 20 см/мин ; шероховатость поверхности соответствует $20 < Ra < 80 \text{ мкм}$ при разрезании и $0,63 < Ra < 1,25 \text{ мкм}$ при шлифовании. Ширина прорези при разрезании $1,5\text{—}3,0 \text{ мм}$ на дисковых станках и $1\text{—}2 \text{ мм}$ — на ленточных [3, 44, 65].

Круг операций, выполняемых при электроэрозионной обработке, может быть значительно расширен, если на станках применять широкоуниверсальные головки, позволяющие получать формообразующие движения электрод-инструмента и заготовки. При использовании головки создаются более благоприятные условия удаления продуктов эрозии, предот-

вращается конусность обрабатываемой поверхности. Электрод-инструмент при этом может быть менее точным, так как размер не копируется, уменьшается расход материала на его изготовление, а число вариантов обработки значительно расширяется (свыше 120).

14.4. Ультразвуковые станки.

Ультразвуковой метод применяется для обработки деталей из твердых и хрупких материалов, таких как стекло, керамика, кремний, германий, твердый сплав, алмаз и др. Он основан на разрушении материала детали при ударе ее поверхности о зерна абразива, получающих энергию от инструмента, вибрирующего с высокой частотой. Зерна абразива вводятся в зону обработки в виде суспензии, которая содействует также удалению из рабочего зазора продуктов разрушения обрабатываемого материала и инструмента.

Применяемые в настоящее время ультразвуковые станки можно разделить по мощности на три группы: малой (0,03-0,2 кВт), средней (0,25 — 1,5 кВт) и большой (1,6-4 кВт) мощности. Наибольшее распространение получили станки средней мощности.

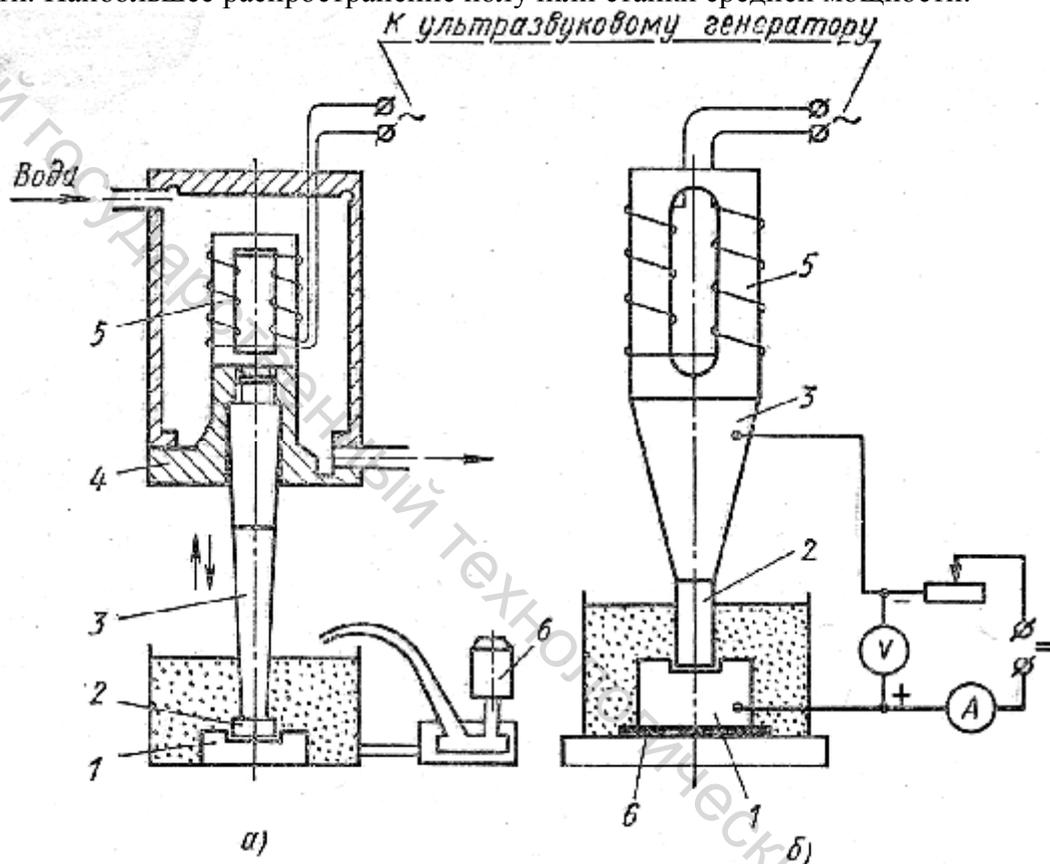


Рис. 133 Схемы ультразвуковой обработки.

Схема ультразвуковой обработки промышленного применения показана на рис. 133,а. Магнитоstrictionный преобразователь 5 состоит из набора пластин (никелевых или пермендюрных), обладающих способностью изменять свои линейные размеры в переменном магнитном поле (магнитоstrictionный эффект). Преобразователь припаян к детали 4, получающей подачу. Через акустический концентратор 3, который увеличивает амплитуду продольных колебаний, последние от преобразователя передаются на инструмент 2. В результате инструмент получает высокочастотные колебания с наибольшей амплитудой порядка 35—45 мкм. Торец инструмента сообщает движение абразивным зернам суспензии. Большое количество ударяющих зерен (30—100 тыс. на 1 см²) при высокой частоте ударов (16 — 30 кГц) удаляют материал с обрабатываемой заготовки /.

Абразивная суспензия подается в зону обработки от насоса 6 наливом либо под давлением через отверстие в инструменте или обрабатываемой детали. В качестве абразива применяют карбиды бора и кремния, а также алмазные порошки. Инструмент изготавливают из углеродистых сталей 45, 40X, У8А, У10А и др.

Наибольшая производительность при обработке деталей, например, из твердого сплава достигает 200 мм³/мин; шероховатость поверхности соответствует 0,16 <Ra< 0,32 мкм, точность обработки 0,02-0,04 мм.

В процессе ультразвуковой обработки в результате потерь на гистерезис и вихревые токи магнитоотрицательный нагревается, поэтому его охлаждают проточной водой, как показано на рисунке.

Производительность станка резко уменьшается по мере углубления инструмента в материал. Для повышения производительности применяют совмещенную ультразвуковую и электрохимическую обработку, основанную на локальном анодном растворении материала заготовки в электролите при интенсивном движении последнего между электродами. Идентичность кинематики формообразования позволила объединить эти два процесса при соблюдении условия, что ультразвуковая обработка осуществляется с нагнетанием абразивной суспензии или ее отсосом. При этом вместо воды используется электролит (рис. 133,6). Через рабочий зазор пропускается электрический ток, причем к положительному полюсу источника постоянного тока подсоединяется обрабатываемая заготовка 1, к отрицательному — концентратор 3 или инструмент 2 вместе с магнитоотрицательным 5. Заготовка изолирована от станка прокладкой 6. В качестве электролита используют 15%-ный раствор азотнокислого натрия или 20-40%-ный водный раствор поваренной соли. При этом можно получить при обработке деталей из твердого сплава подачу 0,2-0,5 мм/мин при съеме материала до 500-600 мм³/мин.

14.5. Лучевая обработка.

Лучевые методы используются для обработки деталей из токопроводящих и нетокопроводящих материалов. Они основаны на съеме материала при воздействии на него концентрированными лучами — энергоносителями с высокой плотностью энергии. Эти методы не требуют применения специального инструмента, обеспечивающего подведение энергии к месту обработки. Съем материала осуществляется при преобразовании энергии в тепло непосредственно в зоне обработки. Различают два метода обработки — световыми и электронными лучами.

В первом случае используется когерентность — свойство монохроматических световых лучей, заключающееся в постоянстве разности фаз между ними. Благодаря этому лучи могут интерферировать, т. е. при наложении друг на друга в фазе усиливаться. Когерентный световой луч, генерируемый монохроматическим оптическим квантовым генератором (лазером), направляется через оптическую систему на обрабатываемую заготовку. В зоне действия луча создается высокая температура, вызывающая расплавление материала. Светолучевую обработку применяют при изготовлении отверстий очень малых диаметров (0,03-0,50 мм) в любых материалах, а также при изготовлении фильер, мелких сит и т. п. деталей. • Производительность процесса - до 60 отверстий в минуту при глубине от долей до нескольких миллиметров. Мощность источников питания составляет несколько десятков киловатт.

Электронно-лучевой метод основан на применении специального устройства - электронной пушки с электронно-оптической системой. Излучаемые катодом электроны при глубоком вакууме ускоряются в мощном электрическом поле. Будучи сфокусированными в узкий пучок, они направляются на обрабатываемую деталь - анод. Кинетическая энергия электронов, проникающих в твердое тело, преобразуется в тепловую энергию, которая и приводит к расплавлению материала.

15. Автоматические линии.

Автоматическими называют поточные линии станков и агрегатов, связанных в единую систему, в которой весь комплекс технологических процессов происходит без прямого участия рабочего; последний лишь контролирует и налаживает оборудование. Область применения автоматических линий — массовое производство устойчивых по конструкции изделий. Их используют в различных отраслях машиностроения с довольно широкой номенклатурой операций: сверлильно-расточных, резьбонарезных, токарных, фрезерных, шлифовальных, зуборезных, а также кузнечно-прессовых, литейных, сварочных и термических. В автоматические линии могут входить агрегаты, осуществляющие сборочные операции, антикоррозийные покрытия, взвешивание, упаковку и другие вспомогательные работы.

Автоматические линии классифицируются по ряду признаков.

1. В зависимости от величины штучного выпуска деталей применяются однопоточные линии (последовательного действия) и многопоточные (параллельно-последовательного действия).

2. По роду станков различают автоматические линии, скомпонованные из станков, специально построенных для данной линии; агрегатных станков; универсальных станков, специально модернизированных и автоматизированных для встройки в автоматическую линию.

3. По способу передачи обрабатываемых деталей со станка на станок различают линии: со сквозным транспортированием с проходом детали сквозь места зажима (применяются при обработке корпусных деталей на агрегатных станках); с верхним транспортированием; с боковым транспортированием; с комбинированным транспортированием; с роторным транспортированием, применяемым в роторных линиях. Детали транспортируют со станка на станок самостоятельно или, если они неудобны для транспортирования по своей конфигурации, на специальных плитах-спутниках.

4. По расположению оборудования различают замкнутые и незамкнутые автоматические линии. Замкнутые линии бывают круговые (станки-комбайны) и прямоугольные. Большинство автоматических линий имеет незамкнутое расположение оборудования: прямолинейное, Г-образное, П-образное и др.

Детали, подлежащие обработке на автоматических линиях, должны быть прежде всего технологичными. Заготовки для них должны иметь удобные базы для установки и фиксации в приспособлениях. Конструкция детали должна отвечать требованиям ритмичной обработки, т. е. обеспечивать приблизительно, равное время выполнения отдельных операций. В процессе обработки заготовок целесообразно иметь наименьшее количество перестановок и пережатимов, производить максимально возможное совмещение операций, не связанных, однако, с применением очень сложного комбинированного инструмента.

Режущий инструмент выбирают в соответствии с технологией обработки. Обычно применяют нормальный или специальный инструмент: однолезвийный, многолезвийный, а также комбинированный в виде целых блоков.

Важным фактором, от которого может зависеть рентабельность автоматической линии, является режим обработки и стойкость инструмента. Поскольку количество одновременно работающих инструментов на линии велико, выход из строя одного из них, смена или подналадка вызывают остановку всего автоматизированного участка. Оптимальную стойкость инструмента и, следовательно, режимы резания устанавливают опытным путем; намечаются возможности расчета этих факторов. В действующих автоматических линиях режимы резания установлены с таким расчетом, чтобы инструмент работал без переточки всю смену, а в отдельных случаях — только до обеденного перерыва, во время которого затупившийся инструмент можно заменить.

Автоматическая линия представляет собой совокупность технологического оборудования, установленного в соответствии с технологическим процессом обработки, соединенного автоматическим транспортом.

Функции человека при этом сводятся к контролю за работой оборудования и его поднастройкой, а также загрузке заготовок в начале цикла и выгрузке изделий в конце него. Причем последние операции все чаще передаются промышленному роботу.

Автоматическая линия (рис. 134) состоит из: технологического агрегата 1 — машины, выполняющей одну или несколько операций технологического процесса (кроме накопления и транспортирования деталей); транспортного агрегата 2 — машины, выполняющей межоперационные транспортные операции технологического процесса; накопителя заделов S — устройства для приема, хранения и выдачи межоперационного задела заготовок и полуфабрикатов, расположенного между двумя станками или отдельными участками автоматической линии; участка автоматической линии (I, II, III) — части линии, соединенной с остальным оборудованием накопителем или транспортным устройством с емкостью для заготовок и полуфабрикатов.

Автоматические линии могут быть операционными (для определенного вида обработки) или комплексными (система автоматических линий).

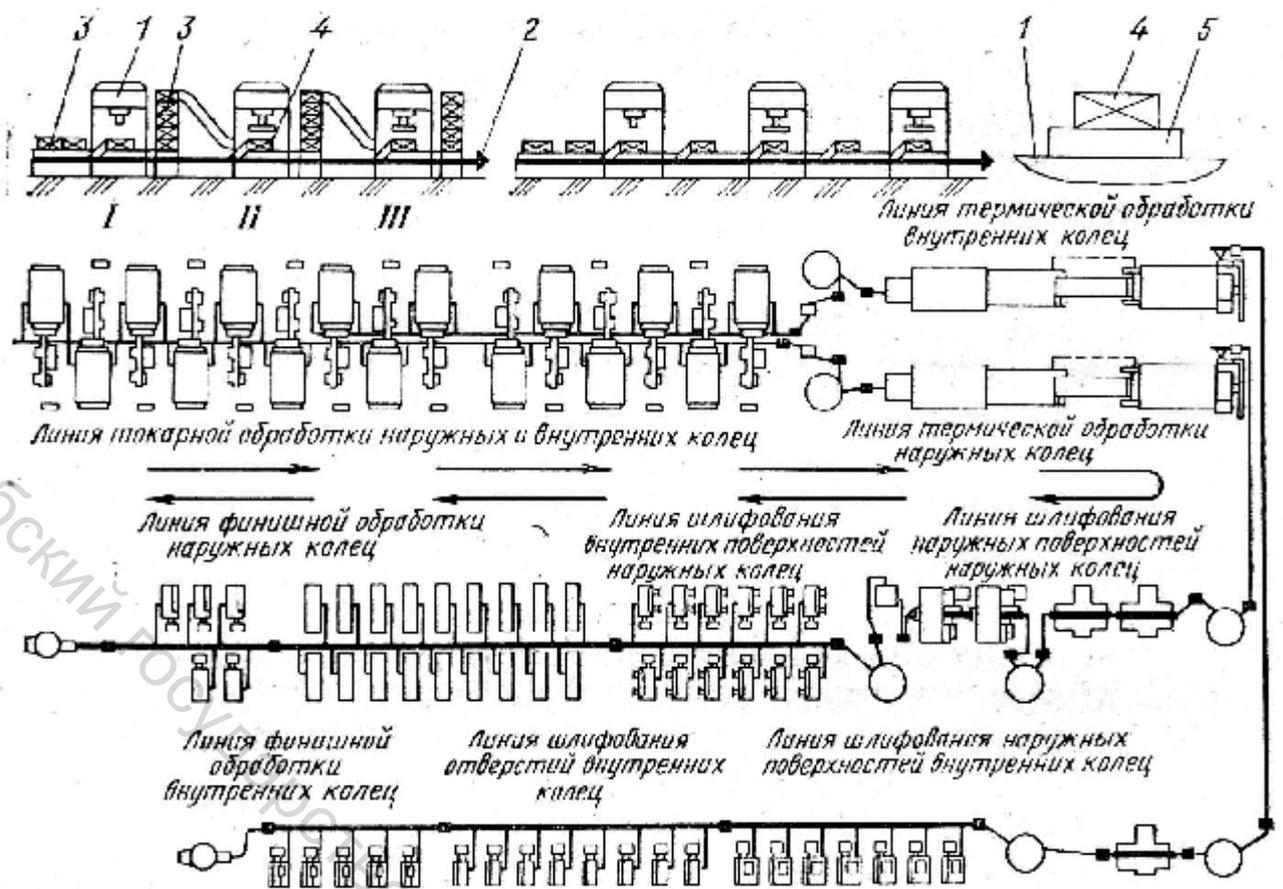


Рис. 134 Состав автоматической линии.

Система автоматических линий комплексной обработки — совокупность автоматических линий, обеспечивающих выполнение всех операций, предусмотренных технологическим процессом обработки.

Автоматический цех — производственная единица, в которой сосредоточены технологические потоки, состоящие из систем автоматических линий. Например, в автоматическом цехе на ГПЗ-1 работают 77 автоматических линий, имеющих в своем составе 860 единиц основного технологического оборудования, объединенных в 13 технологических потоков (систем автоматических линий комплексной обработки).

Автоматические линии классифицируются по основным признакам, влияющим на их организацию и эксплуатацию. Их делят на жесткие (синхронные) и гибкие (асинхронные), спутниковые и беспутниковые, сквозные и несквозные, ветвящиеся и неветвящиеся.

Жесткая межоперационная связь характеризуется отсутствием межоперационных заделов. В такой автоматической линии заготовки (изделия) загружаются, обрабатываются, разгружаются и передвигаются от станка к станку одновременно или через кратные промежутки времени, и в случае остановки любого агрегата или устройства вся линия останавливается.

Гибкая межоперационная связь обеспечивается наличием межоперационных заделов, размещаемых в накопителях или транспортной системе, что создает возможность обеспечить при выходе из строя любого станка работу остальных агрегатов до истощения межоперационных заделов.

Спутниковая автоматическая линия — линия, в которой заготовки базируются, обрабатываются и транспортируются в приспособлении-спутнике. Транспортная система в этом случае должна обеспечить возврат спутников в начало линии.

Когда в составе технологического потока одна или несколько операций реализуются на параллельно работающих станках, автоматическая линия характеризуется ветвящимся транспортным потоком. Примером такого "конструктивного решения" служат линии для токарной обработки и шлифования внутренних поверхностей колец подшипников.

По степени совмещения обработки с транспортированием заготовки линии подразделяют на стационарные, роторные и цепные; по компоновке — на линейные, кольцевые, пры-

моугольные, зигзагообразные, зетообразные; по числу потоков — на однопоточные и многопоточные, с зависимыми и независимыми потоками, с поперечным, продольным и угловым расположением основного технологического оборудования. Большинство компоновок имеют незамкнутую структуру, обеспечивающую удобный доступ для обслуживания и ремонта оборудования.

По виду транспортных систем и способу передачи деталей с одной рабочей позиции на другую автоматические линии делят на линии со сквозным транспортированием через зону обработки (в основном используют для изготовления корпусных деталей на агрегатных станках), с фронтальным (боковым) транспортированием заготовки (при обработке коленчатых валов, крупных колец и фланцев), с верхним нижним транспортными потоками (в линиях для изготовления шестерен, мелких и средних колец подшипников, фланцев валов).

По типу встроенного основного технологического оборудования различают автоматические линии из специальных и агрегатных станков, хотя иногда имеет место компоновка из станков разных типов.

В настоящее время изготавливают автоматические линии для крупносерийного и массового производства, предназначенные для одновременной или последовательной обработки нескольких наименований однотипных, заранее известных изделий (блоки цилиндров двигателей, корпусов редукторов, насосов, клапанов, гильз, поршней и т. д.) как с автоматической, так и с ручной переналадкой. Подобные автоматические линии или системы автоматических линий называют автоматическими переналаживаемыми линиями (системами) групповой обработки; они предназначены для одновременной или последовательной обработки группы заранее заданных изделий, однотипных по размерам и технологии обработки.

По виду обрабатываемых деталей различают линии для обработки корпусных деталей (головки блоков, блоки цилиндров, двигателей, корпуса коробок передач и т. д.) и линии для обработки деталей типа тел вращения (кольца подшипников, валы, гильзы и т. д.).

Транспортные устройства. Выбор системы транспортирования является одним из наиболее существенных вопросов компоновки автоматических линий. Транспортные устройства перемещают заготовки с одной рабочей позиции на другую, изменяя их ориентацию (в поворотных устройствах), убирают стружку и т. д.

Основными видами транспорта автоматических линий являются шаговые транспортеры, подъемники, распределительные транспортеры, манипуляторы, поворотные устройства, транспортеры для уборки стружки и пр. Шаговые транспортеры бывают с собачками, с флажками, рейнерные, толкающие и цепные.

Шаговые транспортеры с собачками (рис. 135, а) получили наибольшее распространение. При работе они совершают периодическое возвратно-поступательное движение. Конструкция такого транспортера представлена на рис. 136. На штанге 1, проходящей через весь заблокированный участок автоматической линии, шарнирно закреплены собачки 3, которые под действием пружины 2 (или противовесов) стремятся подняться над уровнем штанги. В момент возврата транспортера зафиксированные на позициях детали 4 утопляют собачки. Пройдя под деталями, собачки вновь поднимаются и готовы для захвата очередной детали при движении транспортера вперед. Преимущество транспортера с собачками — простота движения и соответствующая ей простота привода от гидро- или пневмоцилиндра.

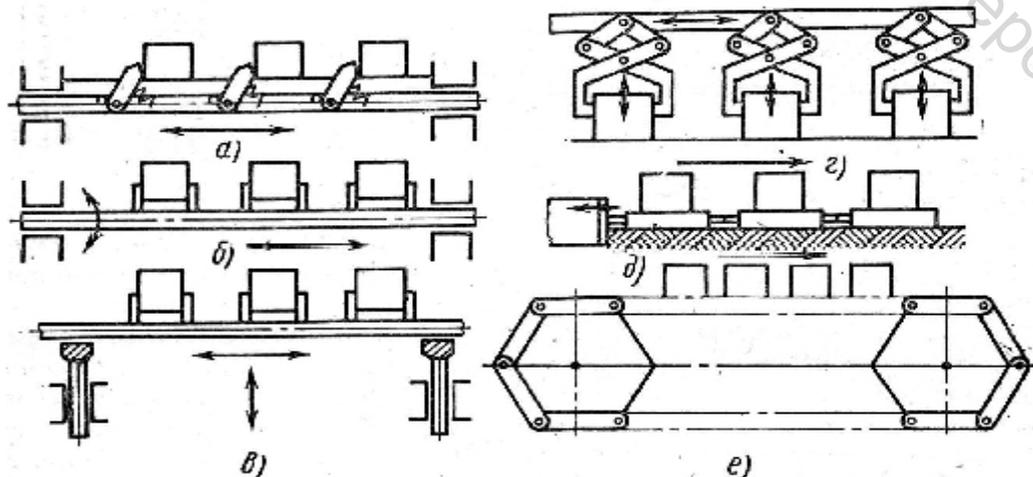


Рис. 135 Виды транспортеров.

Шаговые штанговые транспортеры с флажками (см. рис. 135,б) применяются, например, на механическом участке автоматического завода поршней.

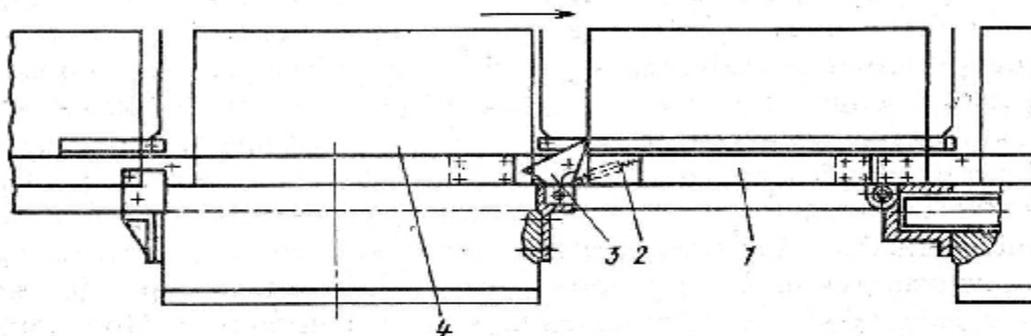


Рис. 136 Шаговый транспортер с собачками.

Грейферные шаговые транспортеры (см. рис. 135,в) применяются реже. У них штанга совершает поочередно два возвратно-поступательных движения в перпендикулярных направлениях (например, слева направо и снизу вверх) с чередованием фаз этих движений. Обрабатываемые детали перемещаются жесткими (не поворачивающимися) флажками. Конструктивно такие транспортеры обычно сложны и применяются только в тех случаях, когда подход к захватываемым деталям может быть лишь с определенной стороны, причем посадка транспортируемых деталей на позиции такова, что для перемещения их с одной позиции на другую транспортер должен поднять деталь вверх.

Рейнерные шаговые транспортеры (см. рис. 135,г) представляют собой усложненный вид грейферных. Устройство их такое же. Детали перемещаются не флажками, а закрепленными на штангах захватами, которые обычно расположены сверху. Эти транспортеры требуют сложных надстроек над линиями. Однако для некоторых автоматических линий, например, для обработки валов, применение рейнерных транспортеров в ряде случаев оправдано.

Толкающие шаговые транспортеры (см. рис. 135,д) самые простые. В них толкатель (обычно гидро- или пневмоцилиндр) непосредственно воздействует на последнюю из вплотную расположенных деталей; в результате вся колонна деталей при ходе толкателя движется одновременно.

Цепные транспортеры (см. рис. 135е) широко применяют как средство непрерывного транспорта; в качестве шаговых их применяют лишь в единичных случаях. Базирование деталей, перемещаемых звеньями цепи, на позициях почти неосуществимо. Можно только шаг перемещения сделать больше расстояния между позициями и предусмотреть на позициях автоматической линии выдвигаемые упоры. При этом свободно лежащие на звеньях детали всегда будут досланы до упора.

Агрегаты для накопления и выдачи заготовок. В местах деления автоматической линии на участки, как указывалось выше, целесообразно располагать промежуточные запасы заготовок, с тем чтобы питать последующие участки линии при остановке предыдущих. Накопление запасов заготовок должно происходить в специальных агрегатах, которые принимают полу-

фабрикаты от предыдущего участка линии и передают их последующему (при нормальной работе), либо принимают от предыдущего и накапливают (при простоте последующего участка), или, наконец, питают последующий участок за счет своих накоплений (при остановке предыдущего участка). На автоматических линиях бункерного типа при обработке мелких деталей эти функции выполняют бункерные загрузочные устройства, а при обработке крупных деталей, которые не могут поместиться в бункере, — промежуточные магазины транзитного или складского типа.

На рис. 137 показан шахтный магазин транзитного типа. Детали, поступающие по приемному лотку 1, эскалатором 2 подаются к змеевидному лотку 3 и под действием силы тяжести спускаются к транспортеру 4. Детали выдаются по одной рычажным отсекателем 5. Обычно лоток 3 заполнен лишь частично, и при остановке последующего участка линии запас деталей в магазине увеличивается в результате заполнения этого лотка. При остановке же предыдущего участка последующий продолжает получать заготовки за счет запаса, имеющегося в магазине.

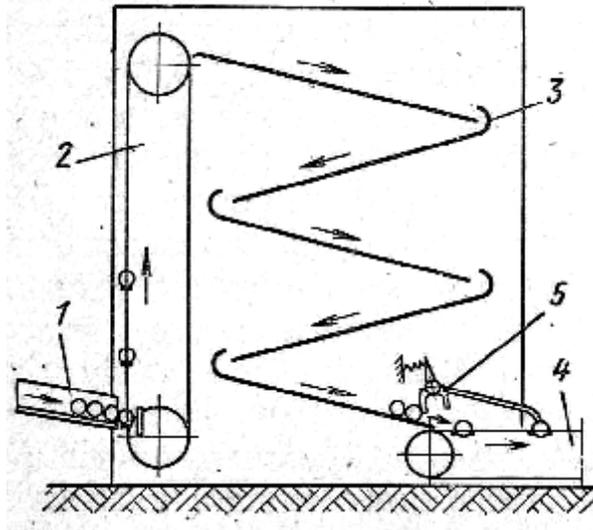


Рис. 137 Магазин шахтный.

На рис. 138 приведен другой тип транзитного магазина. Детали через приемный лоток 1, эскалатор 2 и промежуточный лоток 3 попадают в гнездо барабана 4, который, поворачиваясь, передает их через механизм поштучной выдачи 5 — 6 на поперечный транспортер 7 для дальнейшей передачи. В случае заполнения гнезд барабана 4 предыдущий участок линии автоматически отключается.

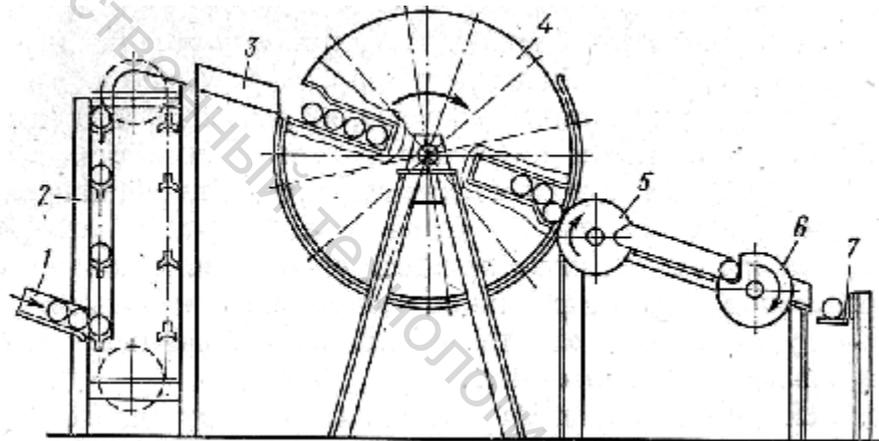


Рис. 138 Магазин барабанный.

На рис. 139 показан промежуточный магазин складского типа. Детали через приемный лоток 2 могут, в зависимости от положения переключателя 4, либо подаваться на дальнейшую обработку (как изображено на рисунке), либо при повороте переключателя на некоторый угол против часовой стрелки накапливаться в шахте 3 магазина. Собачка 1 в этом случае удерживает детали в магазине. При работе на расходование запаса, при повороте переключателя по часовой стрелке, детали из магазина поступают под действием силы тяжести в выдающий лоток 5.

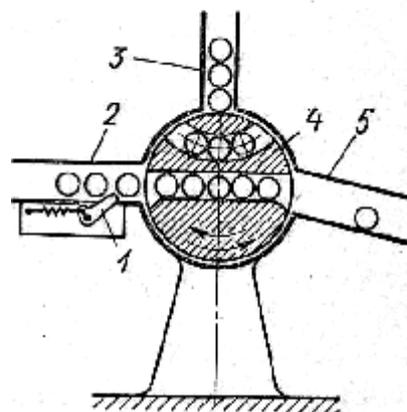


Рис. 139 Магазин складского типа.

Загрузочные устройства. Автоматизация процессов установки, фиксации и зажима деталей на автоматической линии осуществляется различными методами. При едином транспортном устройстве, когда детали базовыми поверхностями или с помощью плит-спутников скользят в направляющих транспортера, они в приспособлениях часто фиксируются посадкой на контрольные штифты или фиксаторы двумя предварительно обработанными отверстиями. Если форма деталей сложная, их фиксация и зажим на позиции осуществляется применением более сложных устройств.

Для автоматической загрузки мелких штучных деталей, например, в метизном производстве, используют бункерно-загрузочные устройства, которые имеют своим назначением привести заготовки, находящиеся в бункере, в определенное ориентированное положение и выдать их в магазин. С бункерным устройством работают питатели, подающие заготовки из магазина в зажимной орган станка.

На рис. 140,а показана схема магазинного загрузочного устройства. В магазин / заготовки загружаются вручную и питателем 4 подаются в рабочую зону 5. Эксцентрик 2 и пружина 3 сообщают питателю возвратно-поступательное движение, причем подача заготовки в рабочую зону осуществляется пружиной, а отвод питателя вправо — эксцентриком.

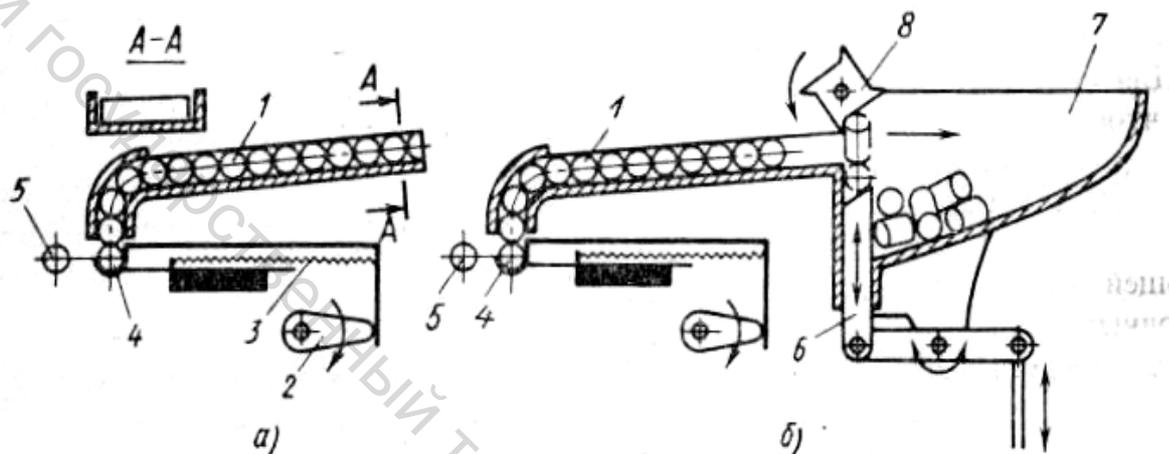


Рис. 140 Магазинные загрузочные устройства.

Схема бункерного загрузочного устройства показана на рис. 140,б. В бункер 7 заготовки загружают навалом. Толкатель 6 подает их в магазин /. Неправильно ориентированные заготовки звездочкой 8 сбрасываются обратно в бункер. Из магазина заготовки шпателем 4 подаются в рабочую зону 5.

Питатели, как отмечалось ранее, служат для передачи заготовок из магазина в рабочую зону.

Шиберный питатель показан на рис. 141,а. Из лотка 5 заготовка 4 попадает в зев питателя /, где удерживается прижимной губкой 2 с пружиной 3. При каждом двойном ходе питателя одна заготовка попадает в рабочую зону, где захватывается зажимным устройством. При отходе питателя в исходное, правое положение прижимная губка поворачивается вокруг своей оси и освобождает деталь.

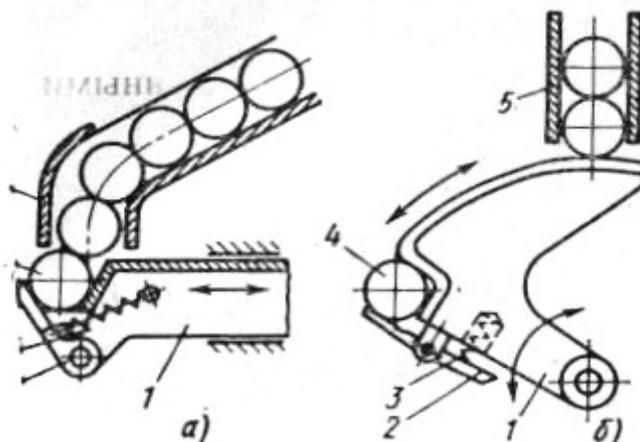


Рис. 141 Питатели.

Мотылевый питатель показан на рис. 141.б. Заготовка 4 питателем 7; подается в рабочую зону. При повороте питателя в крайнее правое положение очередная заготовка попадает из магазина 5 в зев питателя, где удерживается прижимной губкой 2 с помощью пружины 3. Таким образом, при каждом двойном качании питателя последний переносит из магазина в рабочую зону одну заготовку.

Отсекатели предназначены для поштучной выдачи заготовок из магазина или бункера в рабочую зону. На рис. 142,а показан штифтовый отсекающий механизм с двумя штифтами 3 и 4. При левом положении штанги 5 отсекающий штифт 3 удерживает запас заготовок 2 в магазине, кроме нижней заготовки, которая свободно проходит в зев питателя. В правом положении штанги 5 заготовки опускаются до удерживающего их штифта 4. Таким образом, при каждом двойном ходе штанги со штифтами из магазина выдается одна заготовка.

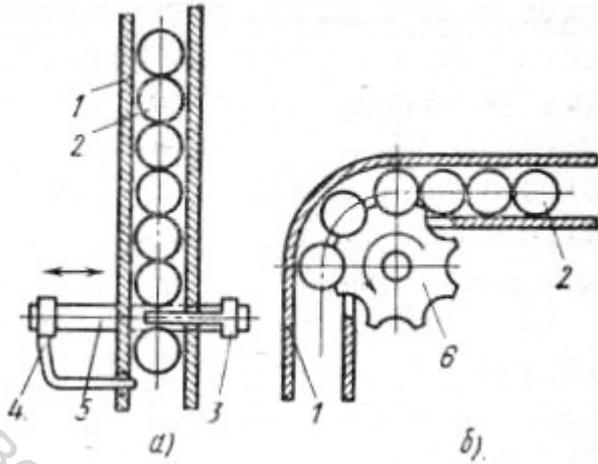


Рис. 142 Отсекатели.

На рис. 142,б показан барабанный (дисковый) отсекающий механизм. При вращении барабана 6 с установленной скоростью заготовки 2 поштучно через заданный промежуток времени поступают из магазина через канал / к питателю, либо непосредственно к месту обработки или к зажимному устройству.

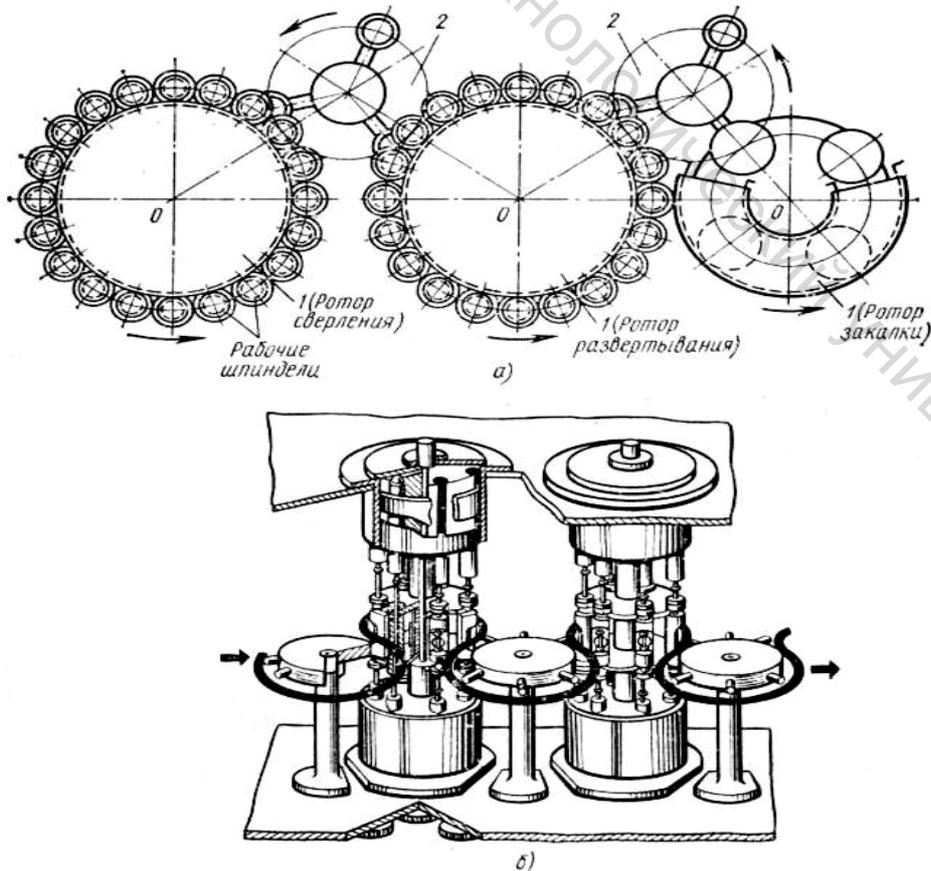


Рис.143 Принципиальная (а) и конструктивная (б) схемы роторной линии.

Роторные автоматические линии по структурному построению существенно отличаются от линий из агрегатных и других станков, соединенных единой транспортной системой. Роторные линии (рис. 143) комплектуют из роторных автоматов /, на которых обработка деталей выполняется в процессе непрерывного транспортирования их совместно с режущим инструментом. Таким образом, главной особенностью роторных линий является совмещение во времени транспортирования заготовок и их обработки. Траектория перемещения заготовки по всем станкам линии осуществляется транспортными роторами 2.

Производительность роторной линии зависит от числа позиций и частоты вращения роторов. В результате совмещения времени обработки с временем транспортирования заготовок роторные линии обеспечивают высокую производительность при изготовлении небольших, сравнительно простых деталей, при малом основном технологическом времени.

Роторные линии эффективно используют в массовом производстве. Необходимо указать на то, что перестановка деталей с одного ротора на другой приводит к потере точности изделия.

16. Гибкие производственные системы (ГПС).

16.1. Станочные модули.

Станочным модулем будем называть разновидность гибкого производственного модуля (ГПМ), в котором в качестве основной технологической машины ИСПОЛЬЗУЮТ металло-режущий станок с ЧПУ.

В систему станочного модуля входят: чаще всего один станок с числовым программным управлением, подсистема транспортирования, загрузки и выгрузки изделий, подсистема накопления » смены инструмента, подсистема контроля качества изготовленных деталей, внутренний накопитель заготовок, обеспечивающий запас не менее чем на 8 ч работы. Станочные модули высокого уровня содержат подсистему контроля размерного износа инструмента с соответствующей размерной поднастройкой и подсистему автоматизированной диагностики.

Перечисленные подсистемы объединены системой управления, которая строится по иерархическому принципу, т. е. содержит центральную ЭВМ, осуществляющую функции диспетчирования, реализующую головную управляющую программу и обрабатывающую информацию и состоянии технологического оборудования, которая поступает от управляющих подсистем низшего уровня. Такими подсистемами являются: системы оперативного числового программного управления станками, подсистемы управления переналадкой загрузочных устройств на размер подаваемой заготовки в широком диапазоне размеров, подсистемы программированного обучения промышленных роботов, являющихся составной частью станочного модуля, и т. д.

Важнейшей составляющей системы станочного модуля является совокупность «станок—робот». В известной мере технологические возможности и конструкция робота определяют и компоновку станочного модуля (рис.144).

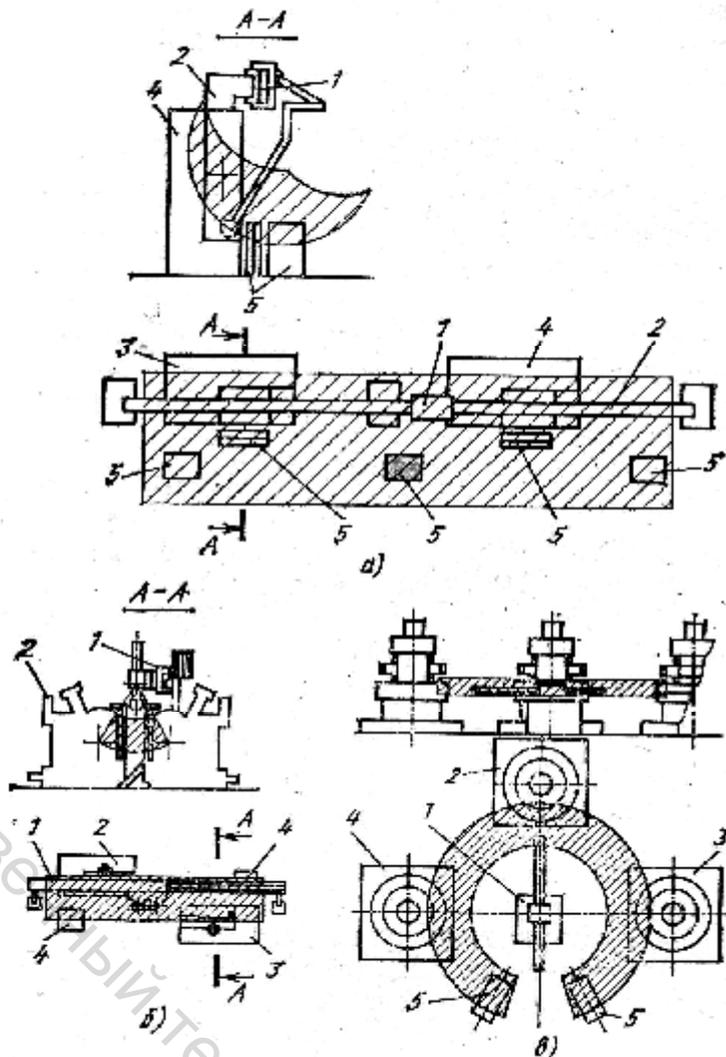


Рис. 144 Компоновка станочного модуля.

В линейную компоновку совокупности «станок—робот» вводят два станка с горизонтальной осью вращения шпинделя и робот, работающий в плоской прямоугольной системе координат. В данном случае промышленный робот 1, перемещающийся по балке 2, обслуживает станки 3 и 4, забирая заготовки и возвращая обработанные детали на транспортирующее устройство 5.

Параллельная компоновка содержит два станка с горизонтальной осью вращения шпинделя и робот, работающий в цилиндрической системе координат. Робот 1 обслуживает станки 2 и 3, взаимодействуя с транспортирующим устройством 4, расположенным между станками перпендикулярно оси вращения шпинделей.

При круговой компоновке робот 1, работающий в цилиндрической системе координат, обслуживает три станка 2—4 с вертикальной осью вращения шпинделя. Робот и станки связаны конвейером 5. Промышленные роботы, работающие в цилиндрической системе координат, могут обслуживать станки как с горизонтальной, так и с вертикальной осью вращения шпинделя.

Портальные роботы, работающие в угловой системе координат, применяют для обслуживания станочных модулей с линейно-параллельной компоновкой в тех редких случаях, когда в них входит более трех единиц станочного оборудования.

Применение промышленных роботов современного уровня для обслуживания системы станочного модуля накладывает некоторые ограничения на возможную номенклатуру обрабатываемых деталей. Такие детали должны иметь сходные по форме и расположению поверхности, для захвата и базирования, явно выраженные базы и признаки ориентации, позволяющие складирование их около станков в ориентированном виде, сходные признаки, обеспечивающие возможность унификации процессов обработки. При применении в системе станочного модуля промышленных роботов ЭНИМС рекомендует следующую номенклатуру деталей:

- гладкие и ступенчатые прямоосные и эксцентриковые валы диаметром до 160 и длиной до 2000 мм, фланцы, диски, кольца, гильзы и втулки диаметром до 500 и длиной до 309 мм;

- плоские и объемные детали простейшей формы (планки, крышки, угольники, коробчатые детали) размерами до 1000x1000 мм;

- масса деталей от 1 до 500 кг.

Для загрузки-выгрузки деталей большей массы требуются новые конструктивные решения, а мелкие детали целесообразно загружать более дешевыми средствами (вибробункерами, лотками и т. д.), однако средствами доставки сменных бункеров и кассет могут также служить промышленные роботы.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что системы станочных модулей не обязательно должны быть укомплектованы промышленными роботами, а могут содержать более простые, но менее универсальные манипуляторы, причем возможна запрограммированная смена этих манипуляторов.

Станочное оборудование, входящее в состав станочного модуля, целесообразно выбирать в рамках существующего станочного парка. Естественно, что ряд типоразмеров станков полностью соответствует требованиям создания станочных модулей, а некоторые требуют модернизации. Во всех случаях системы управления станками требуют стыковки с головкой управляющей ЭВМ. Основными требованиями, определяющими возможность включения станков в состав станочного модуля, являются следующие: числовое программное управление циклом работы, механизированный зажим-разжим деталей, автоматическая смена инструмента, механизированный отвод ограждения, механический отвод стружки, автоматический контроль и диагностика. В качестве вспомогательного оборудования в системе станочного модуля используют тактовые столы, являющиеся одновременно и накопителями заготовок, приемные столы и столы для размещения готовых деталей. Заготовки доставляют со склада при помощи штабелеров. Корпусные детали закрепляют на спутниках, а детали типа тел вращения заранее загружают в кассеты.

Подсистема контроля качества деталей представляет собой либо специальную измерительную машину, установленную на отдельной позиции, либо измерительное устройство, встроенное в станок.

Станочный модуль для обработки тел вращения приведен на рис. 145. Круговая компоновка модуля продиктована применением промышленного робота, работающего в цилиндрической системе координат. В систему модуля входят: токарный станок 1, сверлильный станок 5, многооперационный станок 2, контрольная позиция 3, инструментальный магазин 4, позиция загрузки и выгрузки 6. Промышленный робот 7 выполняет роль универсальной транспортной системы внутри модуля и обеспечивает поток деталей и инструментов. Заготовки подаются на позицию 6 в кассетах, а затем поочередно захватываются роботом и передаются на требуемую рабочую позицию. Контроль готовых деталей или полуфабрикатов может осуществляться автоматическим измерительным устройством на любой стадии обработки. Готовые детали передаются роботом на позицию выгрузки. Все агрегаты модуля связаны единой подсистемой управления, построенной по иерархическому принципу, т. е. возможно автономное управление каждым агрегатом с применением микропроцессора и централизованное управление от ЭВМ.

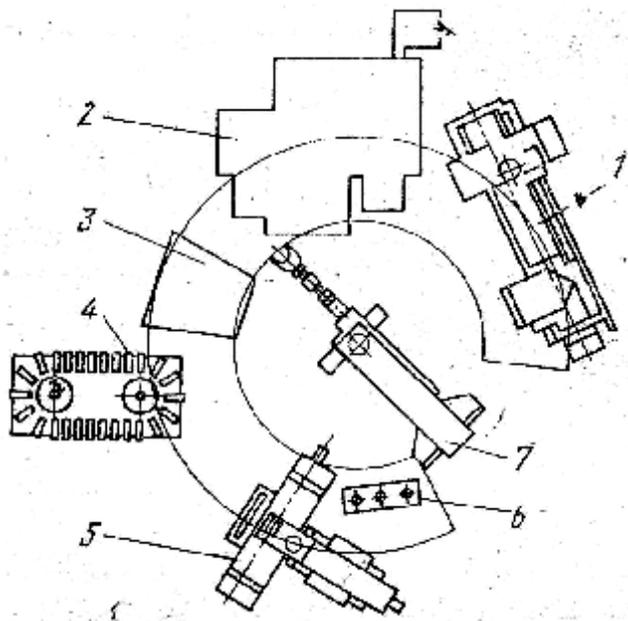


Рис. 145 Станочный модуль для обработки тел.

16.2. Гибкие станочные системы.

Гибкая станочная система содержит набор переналаживаемых в соответствии с номенклатурой заготовок автоматически действующих станков, связанных с общим автоматическим транспортом и общей системой управления. Использование гибких станочных систем позволяет повысить производительность, стабилизировать качество обработки, сократить число обслуживающего персонала, уменьшить производственные площади.

По компоновке различают: системы линейной одно- или многорядной компоновки, системы круговой компоновки, системы модульной компоновки.

При линейной компоновке станки устанавливают в один или несколько рядов, а транспортно-накопительную подсистему располагают параллельно ряду. Для круговой компоновки характерна установка станков вокруг центрального склада-накопителя. Системы

модульной компоновки содержат станочные модули из однотипных станков, взаимодействующие с центральной транспортно-накопительной системой с помощью автооператоров или роботов.

По технологическому назначению гибкие станочные системы можно разделить на системы, предназначенные для обработки корпусных деталей, и системы для обработки деталей типа тел вращения.

16.3. Гибкие автоматизированные участки.

Автоматизированные участки могут быть отнесены к гибким автоматизированным производствам по следующим признакам: применение станков с числовым программным управлением; осуществление грузопотоков посредством адресной транспортно-накопительной системы со свободным ритмом; обеспечение технологической подготовки производства участка автоматизированными станками, реализуемыми с помощью ЭВМ; внедрение оперативно-производственного планирования от ЭВМ.

Основные особенности автоматизированных участков рассмотрим на примере автоматизированного участка типа АСВ, который предназначен для механической обработки деталей типа тел вращения средних размеров. На участке типа АСВ могут быть также обработаны детали плоской формы и мелкие корпуса в пределах технологических возможностей сверлильно-фрезерных станков, входящих в состав участка.

В состав участка (рис. 146) входят взаимосвязанные управляющий вычислительный комплекс и производственный комплекс. Рассмотрим только составляющие производственного комплекса.

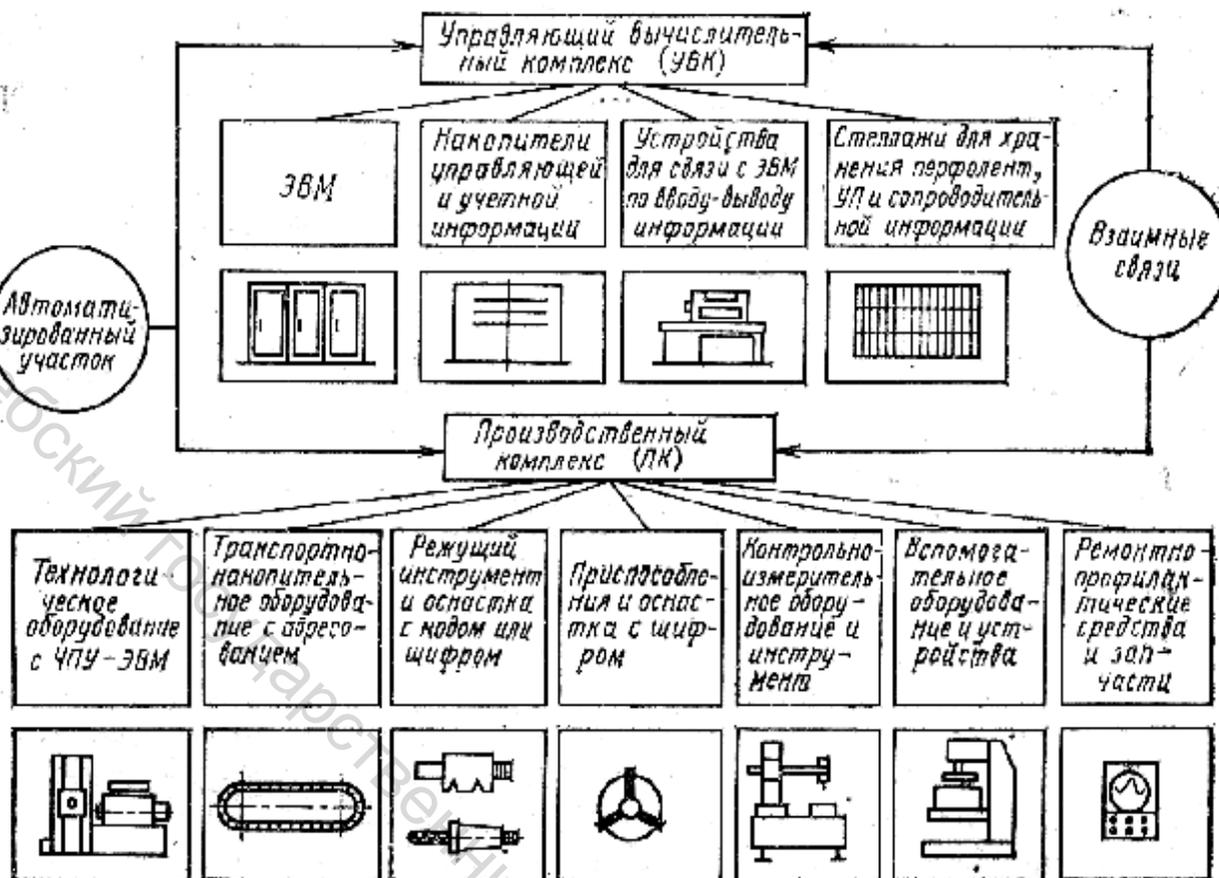


Рис. 146 Автоматизированный участок типа АСВ.

В состав участка типа АСВ входят токарные полуавтоматы с ЧПУ, сверлильно-фрезерные станки, многооперационные станки, образующие станочную систему. В состав станочных секций, образующих станочную систему, входят станки одной модели, что позволяет облегчить их обслуживание и ремонт. Общее число станков на участке 8, 12 или 16.

Литература

1. Металлорежущие станки: Учебное пособие для ВТУЗов/Н.С. Колев и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.; ил.
2. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных ВТУЗов/В.Э. Пуш и др. М.: Машиностроение, 1986 – 526 с.; ил.
3. Проников А.С. Металлорежущие станки: Учебник для ВТУЗов/А.С. Проников, – М.: Машиностроение, 1981. – 475 с.; ил.
4. Расчет и примеры наладок зубофрезерных и зубодолбежных станков/Н.И. Шавлюта – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1978.
5. Промышленные роботы: Справочник / Ю.Т. Козырев, – М.: Машиностроение, 1983. – 376 с.