

**Учебное пособие
по дисциплине
«Оборудование машиностроительного
производства»
для студентов специальности 1-53 01 01
«Автоматизация технологических процессов
и производств»
дневной формы обучения**

2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Металлорежущий станок как система	6
1.1. Краткая история станкостроения	6
1.2. Современное состояние и ведущие станкостроительные предприятия Республики Беларусь	11
1.3. Общие сведения о металлорежущих станках	13
1.4. Несущие системы металлорежущих станков	19
1.5. Станины и направляющие станин МРС	19
1.6. Коробки скоростей МРС	23
1.7. Шпиндельные механизмы МРС	25
1.8. Коробки подач МРС	26
2. Классификация станочного оборудования	27
3. Техничко-экономические показатели станков	35
4. Процесс образования поверхностей обработкой на станках	38
4.1. Методы образования поверхностей деталей на МРС	38
4.2. Основные и вспомогательные движения МРС	41
4.3. Назначение и типы приводов МРС	43
4.4. Графическое изображение уравнений скорости резания и подач	49
4.5. Кинематические связи в МРС	55
4.6. Общая методика наладки МРС	59
5. Механизмы и элементы кинематических цепей	61
5.1. Механизмы бесступенчатого изменения скорости	61
5.2. Механизмы ступенчатого изменения скорости	66
5.3. Типовые механизмы для реверсирования движения	72
5.4. Типовые механизмы прямолинейного поступательного движения	76
5.5. Типовые механизмы для получения прерывистых движений	81
5.6. Механизмы предохранительные, обгона и планетарные	87
6. Системы управления станками	93
6.1. Основные функции управления	93

6.2. Виды систем управления станками	93
6.3. Аналоговые системы управления	95
6.4. Цикловое программное управление	106
6.5. Числовое программное управление	111
7. Станки токарной группы	118
7.1. Токарно-винторезные станки	119
7.2. Токарно-карусельные станки	125
7.3. Токарно-револьверные станки	133
7.4. Токарно-револьверные автоматы и полуавтоматы	140
7.5. Токарно-затыловочные станки	152
7.6. Многолезцовые токарные полуавтоматы	157
7.7. Токарно-копировальные полуавтоматы	161
7.8. Токарные станки с ЧПУ	164
8. Станки сверлильной и расточной группы	167
8.1. Вертикально-сверлильные станки	168
8.2. Горизонтально-расточные станки	173
8.3. Координатно-расточные станки	178
8.4. Радиально-сверлильные станки	184
8.5. Станки сверлильно-расточной группы с ЧПУ	190
9. Станки шлифовальной и доводочной группы	203
9.1. Круглошлифовальные центровые станки	205
9.2. Бесцентровые круглошлифовальные станки	209
9.3. Плоскошлифовальные станки	214
9.4. Внутришлифовальные станки	219
9.5. Доводочные станки	223
10. Станки для электрофизической и электрохимической обработки	226
11. Станки зубообрабатывающие и резьбообрабатывающие	239
11.1. Зубодолбежные станки	241
11.2. Зубофрезерные станки	246
11.3. Зубострогальные станки	253
11.4. Зуборезные станки	260
11.5. Зубоотделочные станки	265
11.6. Резьбообрабатывающие станки	269

12. Станки фрезерной группы	277
12.1. Горизонтально-фрезерные консольные станки	279
12.2. Вертикально-фрезерные консольные станки	284
12.3. Широкоуниверсальные консольные фрезерные станки	288
12.4. Делительные головки	294
12.5. Бесконсольно-фрезерные вертикальные станки	300
12.6. Продольно-фрезерные станки	305
12.7. Фрезерные станки непрерывного действия	310
12.8. Фрезерные станки с ЧПУ	313
13. Станки протяжной, строгальной и долбежной группы	317
13.1. Продольно-строгальные станки	318
13.2. Поперечно-строгальные станки	322
13.3. Долбежные станки	327
13.4. Горизонтально-протяжные станки	331
14. Агрегатные станки	334
15. Многоцелевые станки	347
16. Автоматические линии	357
16.1. Назначение и классификация автоматизированных станочных систем механической обработки	357
16.2. Автоматические линии	362
17. Гибкие производственные системы	371
17.1. Промышленные роботы	371
17.2. Гибкие производственные модули	378
17.3. Гибкие производственные системы	380
17.4. Роботизированные комплексы	382
17.5. Гибкие автоматизированные участки	385
Литература	388

ВВЕДЕНИЕ

Развитие производства во многом определяется техническим прогрессом машиностроения. Увеличение выпуска продукции машиностроения осуществляется за счёт интенсификации производства на основе широкого использования достижений науки и техники, применения прогрессивных технологий.

Машиностроение также является основой научно-технического прогресса в различных отраслях народного хозяйства. Непрерывное совершенствование и развитие машиностроения связано с прогрессом станкостроения, поскольку металлорежущие станки вместе с кузнечно-прессовым оборудованием и некоторыми другими видами технологических машин обеспечивают изготовление любых новых видов машин и оборудования. Повышение эффективности производства возможно путём его механизации и автоматизации, оснащения высокопроизводительными станками, промышленными роботами, создания и внедрения гибких производственных систем. Важнейшей задачей станкоинструментальной промышленности является создание высокопроизводительных конкурентоспособных станков различного технологического назначения и прогрессивных конструкций режущего инструмента, обеспечивающих высокую эффективность и точность обработки.

Программой дисциплины «Оборудование машиностроительного производства» предусматривается изучение устройства, технологических возможностей, наладки и основ эксплуатации различных видов и типов металлорежущих станков с целью разработки в дальнейшем прогрессивных технологических процессов обработки деталей всех отраслей народного хозяйства и в особенности машиностроения.

Изучаемый материал основывается на полученных студентами знаниях по основам обработки материалов и режущему инструменту, технологии конструкционных материалов и является базой для изучения предметов специального цикла.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать устройство, технологическую наладку и работу наиболее распространенных металлорежущих станков, номенклатуру существующих станков для механической обработки деталей, технологические возможности каждого вида металлорежущего станка, методику реализации этих возможностей;

- уметь выбирать экономически наиболее целесообразные станки для выполнения заданной работы, производить расчет настройки металлорежущих станков, наладку основных типов станков, владеть приемами работы на основных видах металлорежущих станков.

1. МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ СТАНОК КАК СИСТЕМА

1.1. Краткая история станкостроения

Русское станкостроение возникло ещё в XVIII веке. Андрей Нартов построил ряд токарных станков, в том числе копировально-токарные, станки для нарезания винтов, для обтачивания цапф орудий, для отрезки прибылей. Это он изобрел станок с самоходным суппортом. Яков Батищев создал станки для одновременной обработки 12 и 24 ружейных стволов. Русские самоучки Лев Собакин, Алексей Суркин, Павел Захава и многие другие обогатили технику того времени станками новых типов. М.В. Ломоносов сконструировал сферо-токарный станок для обработки металлических сферических зеркал.

Новые технологические процессы и реализующие их станки, предложенные российскими мастерами и техниками в XVIII веке, позволили освоить производство взаимозаменяемых деталей и узлов на 70-80 лет раньше, чем в Европе.

Большой вклад в развитие станкостроения внесли изобретатели Н.П. Кулибин, И.И. Ползунов, изготовивший инструмент и станки для токарной обработки паровых цилиндров.

Но, несмотря на наличие талантливых русских механиков, создавших ряд оригинальных станков, станкостроение в царской России не поднялось до уровня самостоятельной отрасли, большая часть оборудования ввозилась из-за границы. Из 90—100 тыс. металлорежущих станков, которыми в 1914—1917 гг. располагала вся промышленность России, станков отечественного производства было менее 20%. Они выпускались на сорока предприятиях, тридцать из которых были кустарными мастерскими с численностью рабочих 40—100 чел.

В начале XIX века в России родилась новая наука - технология. В ее основу легли достигнутые в XVIII веке успехи по взаимозаменяемости узлов при изготовлении и сборке различного оружия. Положения этой науки сформулировал академик З.М. Севергин, на десятки лет опередивший западных машиностроителей.

В 1610 г. русский профессор И.А. Тиме положил начало науке обработки металлов. Он раскрыл сущность процесса резания, объяснил характер образования, строения и усадку стружки, вывел формулы для расчета действующих сил. Его соотечественник академик А.В. Гадолин, исходя из оптимальной скорости резания, предложил геометрический ряд короб скоростей, который в настоящее время принят во всем мире.

С конца XIX века обработка резанием развивалась параллельно с совершенствованием инструментальных материалов, технологии и конструирования станков. Это привело к повышению скоростей резания и

подачи, увеличению жесткости конструкции, росту мощности привода, улучшению механики станка.

Крупный вклад в развитие станкостроения внесли русские ученые К.А. Зворыкин, А.А. Брике, Я.Г. Усачев, Н.П. Гавриленко, П.Л. Чебышев.

Правительство всегда придавали большое значение развитию станкостроения, основы которого были заложены в годы первых пятилеток.

В 1932 г вступает в строй Московский станкостроительный завод им. Серго Орджоникидзе, в 1934 г.— Московский завод «Станкоконструкция», в 1935 г.— Тбилисский станкостроительный завод им. Кирова и Саратовский завод тяжелых зуборезных станков, в 1936 г.— Киевский завод станков-автоматов им. Горького, в 1939 г.— Краматорский завод тяжелого станкостроения.

Важным событием того времени была организация в 1933 г. экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС), на который были возложены проведение научных исследований в области станкостроения и разработка типажа металлорежущих станков. Вскоре создается отраслевой втуз — Московский станкоинструментальный институт. Началась подготовка инженеров по металлорежущим станкам в МВТУ им. Баумана, в Ленинградском, Киевском политехнических и других институтах.

Была поставлена задача: освоить производство 200 типоразмеров металлорежущих станков. Задача была выполнена: уже в 1940 г. наши станкостроительные заводы выпускали 202 типоразмера универсальных и специализированных станков. Отечественная промышленность получила автоматы и полуавтоматы, зубообрабатывающие, шлифовальные, протяжные, карусельные, револьверные, расточные и другие современные станки, предназначенные не только для единичного, но и для крупносерийного и массового производства деталей для различных машин. В 1937 г. в станкостроении был завершён переход на индивидуальный электропривод, что по тому времени явилось большим техническим достижением.

Уже перед Великой Отечественной войной Советский Союз был крупной станкостроительной державой, обеспечивающей выпуск необходимого количества универсальных и специальных станков, большого числа автоматических станочных линий для ведущих отраслей машиностроения. Под руководством академика В. И. Дикушина были разработаны теоретические основы агрегатирования, реализованные в конструкциях многошпиндельных агрегатных станков и в автоматических линиях для обработки корпусных деталей. Профессора Н.С. Ачеркан и Н.В. Игнатьев опубликовали важнейшие положения о регулируемом главным

приводе станков, а профессор Г.М. Головин разработал принципы кинематики станков.

Во время Великой Отечественной войны станкостроение вместе со всеми другими отраслями промышленности выпускало продукцию военного времени, а также специальные станки для ее производства. После войны началось восстановление и совершенствование различных отраслей машиностроения на базе непрерывно увеличивающегося выпуска специальных станков, автоматов и автоматических линий.

В этот период крупнейшие теоретические разработки в области станкостроения были осуществлены в Экспериментальном научно-исследовательском институте металлорежущих станков, а также в Московском станкоинструментальном институте и в других организациях. Советские станкостроители освоили выпуск самых разнообразных станков, необходимых для различных отраслей машиностроения. Это станки особо высокой точности, обеспечивающие отклонения в долях микрометров, тяжелые станки для обработки крупных деталей размерами в несколько десятков метров, станки для физико-химических методов обработки, станки-автоматы для контурной программной обработки очень сложных по форме деталей.

Особое развитие получило числовое программное управление станками. Микропроцессорные устройства управления превращают станок в станочный модуль, сочетающий гибкость и универсальность с высоким уровнем автоматизации. Станочный модуль способен обеспечивать обработку заготовок широкой номенклатуры в автономном режиме на основе малолюдной или даже безлюдной технологии.

Таким образом, современное станочное оборудование является базой для развития гибкого автоматизированного производства, резко повышающего производительность труда в условиях средне- и мелкосерийного производства.

Использование гибких производственных систем, состоящих из набора станков, манипуляторов, средств контроля, объединенных общим управлением от ЭВМ, дает возможность и в многономенклатурном крупносерийном производстве стимулировать научно-технический прогресс, быстрый и с минимальными затратами переход к новым, более совершенным образцам выпускаемой продукции. Переход от использования набора станков и других технологических машин к машинным системам в виде гибких производственных систем технологического оборудования помимо повышения производительности труда коренным образом изменяет весь характер машиностроительного производства. Создаются условия постепенного перехода к трудосберегающему производству при

наивысшей степени автоматизации.

В дальнейшем в результате продолжения работ по комплексной автоматизации в мелкосерийном и серийном производстве на основе применения станков с числовым программным управлением были созданы базовые комплексно-автоматизированные системы по производству валов (АСВ) и корпусных деталей (АСК). Высокий уровень автоматизации рабочих и вспомогательных процессов, оптимальная подготовка и ведение производства, график работы в две смены, резкое сокращение численности рабочих и обслуживающего персонала, значительное облегчение условий труда и повышение культуры производства – принципы, которые легли в основу создания систем АСВ и АСК.

Совершенствование современных станков должно обеспечивать повышение скоростей рабочих и вспомогательных движений при соответствующем повышении мощности привода главного движения. Исключительное значение приобретает повышение надежности станков за счет насыщения их средствами контроля и измерения, а также введения в станки систем диагностирования.

Повышение скоростей рабочих и вспомогательных движений связано с дальнейшим совершенствованием привода станков, шпиндельных узлов, тяговых устройств и направляющих прямолинейного движения. Применение композиционных материалов для режущих инструментов позволяет уже сейчас реализовать скорость резания до 1,5 – 2 км/мин, а скорость подачи довести до 20 – 30 м/мин. Дальнейшее повышение скоростей потребует поиска новых конструкций, использующих иные физические принципы и обеспечивающих высокую работоспособность ответственных станочных узлов.

Применение станочных модулей возможно только при полной автоматизации всех вспомогательных операций за счет широкого использования манипуляторов и промышленных роботов. Это относится к операциям, связанным со сменой заготовок, режущих инструментов, технологической оснастки, с операциями измерения заготовки, инструмента, с операциями дробления и удаления стружки из рабочей зоны станка.

Оснащение станков гибкого автоматизированного производства различными контрольными и измерительными устройствами является необходимым условием их надежной работы, особенно в автономном автоматизированном режиме. В современных станках используют широкий набор средств измерения, иногда очень точных, таких, например, как лазерные интерферометры, для сбора текущей информации о состоянии станка, инструмента, вспомогательных устройств и для получения достоверных данных об исправной работе.

Современные металлорежущие станки обеспечивают исключительно высокую точность обработанных деталей. Ответственные поверхности наиболее важных деталей машин и приборов обрабатывают на станках с погрешностью в долях микрометров, а шероховатость поверхности при алмазном точении не превышает сотых долей микрометра. Требования к точности в машиностроении постоянно растут, и это, в свою очередь, ставит новые задачи перед прецизионным станкостроением.

Специалисты в области металлорежущих станков и инструментов находятся на одном из самых ответственных участков всего научно-технического прогресса. Задача заключается в том, чтобы в результате коренного совершенствования технологии обработки, создания новых металлорежущих станков с микропроцессорным управлением, станочных модулей для гибких производственных систем обеспечить техническое и организационное перевооружение всех отраслей машиностроения и на этой основе обеспечить существенное повышение производительности труда.

Большой вклад в развитие и распространение знаний по технологическому оборудованию станкостроения внесли высококвалифицированные специалисты: П.Н. Белянин, А.З. Бабушкин, В.П. Бобров, С.Н. Власов, Л.И. Волчкевич, А.Л. Дерябин, П.И. Завгороднев, Е.И. Зазерский, Л.М. Кордыш, М.М. Кузнецов, В.Л. Косовский, С. Е. Локтева, А.А. Маталин, Р.Х. Махмутов, В.Ю. Новиков, В.Э. Пуш, В.А. Ратмиров, А.Г. Схиртладзе, В.Н. Фещенко, Б.И. Черпаков, Ю.С. Шарин, Н.Н. Чернов, Ю.М. Ермаков, Б.Н. Фролов и др.

В настоящее время и в обозримом будущем потребуется создание новых моделей станков, станочных модулей, гибких производственных систем, поэтому будущие специалисты-станкостроители должны владеть основами конструирования станков и их важнейших узлов. Для успешного применения вычислительной техники при конструировании необходимо хорошо знать содержание процесса проектирования всех видов станочного оборудования, владеть методами его моделирования и оптимизации.

Современный станок органически соединил технологическую машину для размерной обработки с управляющей вычислительной машиной на основе микропроцессора. Поэтому специалист-станкостроитель должен хорошо понимать принципы числового программного управления станками, владеть навыками подготовки и контроля управляющих программ.

1.2. Современное состояние и ведущие станкостроительные предприятия Республики Беларусь

Собственное станкостроение в Беларуси многие годы обеспечивало количественное и качественное развитие других отраслей, играя ключевую роль в обновлении парка технологического оборудования. В настоящее время оно представлено хозяйственной группой «Белстанкоинструмент», объединяющей 25 предприятий и организаций, в числе которых станкостроительные и инструментальные заводы, предприятия по производству универсальной технологической оснастки, кузнечно-прессового и литейного оборудования, специальное конструкторское бюро (СКБ), научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт.

Номенклатура производимых станков охватывает все 9 групп по принятой в станкостроении классификации, а также деревообрабатывающие станки, что позволяет удовлетворить технические потребности предприятий различных отраслей. Кроме продукции технического назначения станкостроительные заводы осуществляют капитальный ремонт и модернизацию металлообрабатывающего оборудования, выпускают и потребительские товары, среди которых бытовые деревообрабатывающие станки, режущий инструмент, запасные части к легковым автомобилям и др.

Станкостроение в Республике Беларусь является важной составной частью машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности нашей страны, которая в свою очередь включена в промышленный комплекс Республики Беларусь.

Промышленный комплекс является важнейшим межотраслевым комплексом национальной экономики. На его долю приходится 28,8% валового внутреннего продукта, 35,8% основных фондов, с промышленным производством связано 27% занятого населения страны. Промышленности принадлежит решающая роль в развитии национальной экономики, она определяет масштабы, структуру и территориальную организацию производительных сил.

Машиностроительная и металлообрабатывающая промышленность является ведущей отраслью национальной экономики и служит одним из основных источников валового внутреннего продукта и валютных поступлений. В ней создается 22,2% стоимости произведенной промышленной продукции, сосредоточено 20,0% промышленно-производственных основных фондов, занято 86,3% общей численности промышленно-производственного персонала страны.

Станкостроительная и инструментальная промышленность является базовой подотраслью научно-технического прогресса в машиностроении. В настоящее время номенклатура выпускаемой продукции включает

примерно 350 типоразмеров металлорежущих станков, 60 типоразмеров деревообрабатывающих станков, 45 типоразмеров кузнечно-прессовых машин. Удельный вес продукции, поставляемой на экспорт, составляет более 40%, в том числе в страны СНГ – 36%, в дальнее зарубежье – 4–5%.

Известно, что во времена СССР станкостроительная отрасль Беларуси была одной из самых развитых в Союзе: ею выпускались станки более 400 типоразмеров. Общий объем производства составлял почти 18 000 единиц металлообрабатывающего оборудования в год, или 15–18 % общесоюзного выпуска и было представлено 36 предприятиями и организациями.

Снижение спроса на дорогостоящее наукоемкое оборудование вследствие общего спада производства в период экономического кризиса 1991–1995 гг. негативно сказалось на станкостроительной и инструментальной промышленности. Производство станков отброшено кризисом к уровню 1950-х годов. Последовавшая затем, особенно в 1999–2002 гг., значительная государственная поддержка в виде налогового кредита, льгот по таможенным пошлинам и другие преференции позволили ряду предприятий стабилизировать производство, освоить новые конкурентоспособные изделия. В итоге выпуск металлорежущих станков к 2010 г. был увеличен на 43,4% по сравнению с 1995 г. Однако финансово-экономическое положение большинства предприятий остается сложным, продукция – низкорентабельной, отсутствие у потребителей реальных средств на перевооружение станочного парка сдерживает развитие подотрасли.

Сегодня станочный парк в Беларуси насчитывает около 140000 единиц всех типоразмеров. Физический износ основных типов станков - финишных, координатно-расточных, зуборезных — составляет от 80 до 90 %. Естественно, технический прогресс в отрасли невозможен без обновления этого парка.

Серьезной проблемой станкостроения в настоящее время является 75% изношенность фондов машиностроения, его основные фонды производства пришли в критическое состояние - отслужили свой срок более 20 лет

Ведущими станкостроительными предприятиями Республики Беларусь являются:

1. Барановичский завод автоматических линий. Выпускает автоматические линии, агрегатные станки, специальные деревообрабатывающие станки.
2. Витебский завод заточных станков (ВИЗАС). Производит: универсально-заточные станки; универсально-заточные станки с ЧПУ; спе-

специализированные станки для заточки протяжек, червячных фрез, зуборезных головок, фрезерных головок, дисковых пил, сверл, зенкеров, метчиков, плашек и др. инструментов.

3. Витебский станкостроительный завод (ВИСТАН). Производит базовые бесцентровошлифовальные станки с неподвижной бабкой шлифовального круга, токарные универсальные, круглошлифовальные центровые, зубошлифозерные, зубодолбежные и закругляющие, зубообрабатывающих станков с ЧПУ и др. станки.

4. Гомельский станкостроительный завод им. С.М. Кирова (Станкогомель). Выпускает обрабатывающие центры, консольно-фрезерные, долбежные станки, станки для механической обработки торцов труб магистральных трубопроводов, правильно отрезной автомат.

5. Гомельский завод станочных узлов. Выпускает: токарно-винторезные станки, вертикально и радиально-сверлильные станки, настольные фрезерно-сверлильные станки, настольно-сверлильные станки обдирочно-шлифовальные станки, узлы для токарных станков, автоматические головки для станков с ЧПУ.

6. Минский станкостроительный завод им. Кирова. Производит: протяжные станки различного назначения; отрезные круглопильные и ленточнопильные станки для резки черных и цветных металлов; деревообрабатывающие станки различного назначения.

7. Минский завод автоматических линий им. Машерова. Производит: автоматические линии для обработки корпусных деталей; автоматические линии из вертикальных токарных станков, агрегатные станки для обработки различных деталей, специальные станки по заказу, полуавтоматы отрезные круглопильные, специальные станки для обработки деталей водопроводной арматуры, токарные вертикальные станки с ЧПУ, деревообрабатывающие станки, станки для мебельной промышленности, широкоуниверсальный станок (точение, фрезерование, строгание, сверление).

8. Молодечненский станкостроительный завод (МСЗ). Выпускает: настольные вертикально-сверлильные станки; резьбонарезной автомат, гайконарезные автоматы; балансировочный станок, центровально-подрезные станки.

1.3. Общие сведения о металлорежущих станках

Металлообрабатывающий (металлорежущий) станок (МРС) - это машина, предназначенная для обработки заготовок в целях образования заданных поверхностей путем снятия стружки или путем пластической деформации.

Обработка на металлорежущих станках производится преимущественно путем резания лезвийным или абразивным инструментом. Получили распространение станки для обработки заготовок электрофизическими методами. Станки применяют также для выглаживания поверхности детали, для обкатывания поверхности роликами. Металлорежущие станки осуществляют резание и неметаллических материалов, таких как керамика, стекло и другие материалы.

Помимо основной рабочей операции, связанной с изменением формы и размеров заготовки, на станке необходимо осуществлять вспомогательные операции для смены заготовок, их зажима, измерения, операции по смене режущего инструмента, контроля его состояния и состояния всего станка. В связи с большим разнообразием функций, выполняемых на станках, их целесообразно рассматривать как систему, состоящую из нескольких функциональных подсистем (рисунок 1.1).

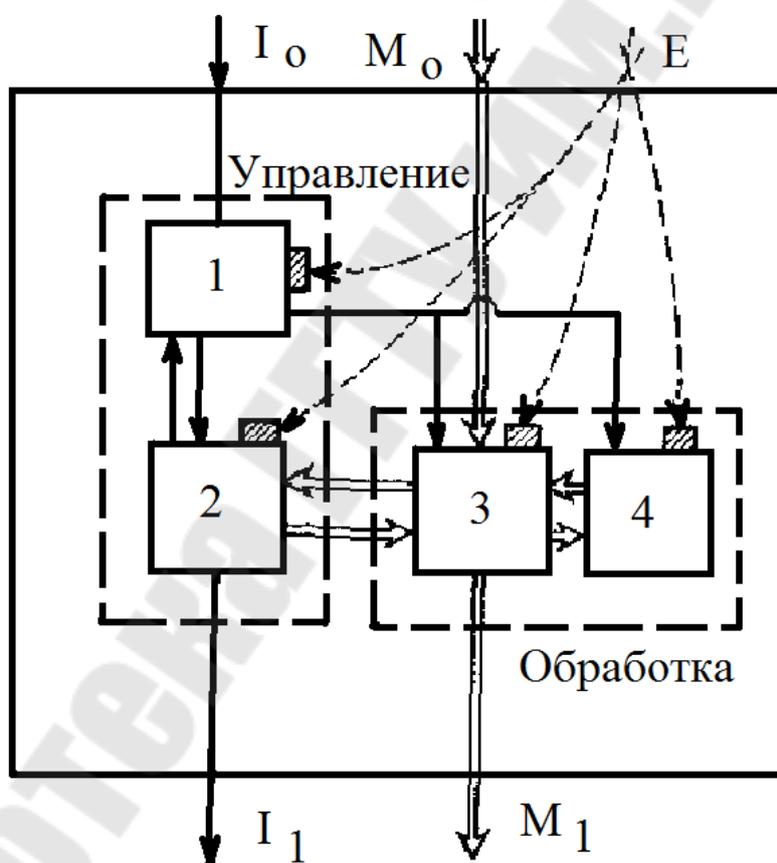


Рисунок 1.1 – Структурная схема станка: I_0 , I_1 – входная и выходная информация; M_0 – заготовка; M_1 – изделие (деталь); E – энергия; 1 – подсистема управления; 2 – подсистема контроля; 3 – подсистема манипулирования; 4 – подсистема обработки

Подсистема манипулирования обеспечивает доставку заготовок к месту обработки, их зажим в заданной позиции, перемещение к месту контроля и измерения и, наконец, вывод готовых изделий из рабочей зоны станка. Таким образом, подсистема манипулирования обеспечивает

поток материала, проходящего через рабочую зону «ганка в процессе его обработки. Дополнительные функции подсистемы манипулирования необходимы также для смены режущих инструментов и дополнительных приспособлений. Подсистема управления на основе входной внешней информации и дополнительной внутренней текущей информации от контрольных и измерительных устройств обеспечивает правильное функционирование всех остальных подсистем в соответствии с поставленной задачей. Входная информация поступает в виде чертежа, маршрутной технологии или заранее подготовленной управляющей программы.

Текущая информация о правильности состояния и поведения всей технологической системы (станка, инструмента, манипуляторов, вспомогательных устройств) поступает в подсистему управления при ручном управлении от органов чувств оператора, а при автоматизации контрольных функций — от соответствующих преобразователей (датчиков) подсистемы контроля. Выходная информация дает сведения о фактических размерах обработанной на станке детали по результатам ее измерения. Собственно станок подразделяется на несколько важнейших частей, обычно называемых узлами. Главный привод станка сообщает движение инструменту или заготовке для осуществления процесса резания с соответствующей скоростью. У подавляющего большинства станков главный привод (рисунок 1.2) сообщает вращательное движение шпинделю, в котором закреплен режущий инструмент либо заготовка.

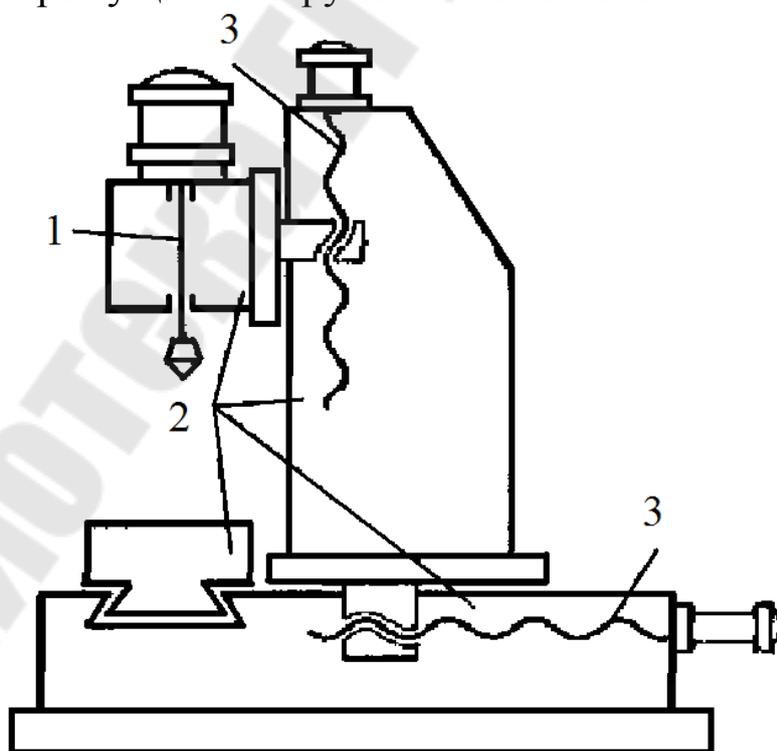


Рисунок 1.2 – Основные узлы (сборочные единицы) металлорежущего станка: 1 – главный привод; 2 – базовые детали; 3 – приводы подачи

Привод подачи необходим для перемещения инструмента относительно заготовки для формирования обрабатываемой поверхности.

У подавляющего большинства станков привод подачи сообщает узлу станка прямолинейное движение. Сочетанием нескольких прямолинейных, а иногда и вращательных движений можно реализовать любую пространственную траекторию.

Привод позиционирования необходим во многих станках для перемещения того или иного узла станка из некоторой исходной позиции в другую заданную позицию, например, при последовательной обработке нескольких отверстий или нескольких параллельных плоскостей на одной и той же заготовке. Во многих современных станках с числовым программным управлением (ЧПУ) функции приводов подачи и позиционирования выполняет один общий привод.

Несущая система станка состоит из последовательного набора соединенных между собой базовых деталей. Соединения могут быть неподвижными (стыки) или подвижными (направляющие). Несущая система обеспечивает правильность взаимного расположения режущего инструмента и заготовки под воздействием силовых и температурных факторов.

Манипулирующие устройства необходимы для автоматизации различных вспомогательных движений в станке для смены заготовок, их зажима, перемещения или поворота, смены режущих инструментов, удаления стружки и т. п. Современный многооперационный станок имеет набор манипуляторов, транспортеров, поворотных устройств, а в некоторых случаях обслуживается универсальным манипулятором с программным управлением (промышленным роботом).

Контрольные и измерительные устройства необходимы в станке для автоматизации наблюдения за правильностью его работы. С помощью них контролируют состояние наиболее ответственных частей станка, работоспособность режущего инструмента, измеряют заготовки и изделие. При достаточно высоком уровне автоматизации результаты контроля измерения поступают в управляющее устройство, а оттуда в виде управляющих сигналов корректируют положение узлов станка.

Устройство управления может быть с ручным обслуживанием оператором, с механической системой управления или с ЧПУ.

Станки с ЧПУ должны обеспечивать высокую точность и скорость отработки перемещений заданных УП, а также сохранять эту точность в заданных пределах при длительной эксплуатации. Конструкция станков с ЧПУ, как правило, обеспечивает совмещение различных видов обработки, автоматизацию загрузки заготовок и выгрузки деталей, автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента, возможность

встройки в общую автоматическую систему управления. Высокая точность обработки определяется точностью изготовления и жесткостью станка. В конструкциях станков с ЧПУ используют короткие кинематические цепи, что повышает статическую и динамическую жесткость станков. Для всех исполнительных органов применяют автоматические приводы с минимально возможным числом механических передач. Эти приводы должны иметь высокое быстродействие. Точность станков с ЧПУ повышается в результате устранения зазоров передаточных механизмов приводов, уменьшения потерь на трение в направляющих и механизмах, повышения виброустойчивости, снижения тепловых деформаций.

Узлы, входящие в состав станков с ЧПУ, подразделяются на следующие основные группы: 1) базовые (станина, стойки, колонны, поперечины), определяющие относительное расположение остальных узлов; 2) узлы, несущие заготовку и определяющие характер ее движения в процессе обработки (стол, передняя и задняя бабки, ползун); 3) узлы, несущие инструмент и определяющие его положение относительно заготовки (суппорт, револьверная головка, бабка инструментального шпинделя); 4) приводы СЧПУ.

В конструкциях современных станков применяют следующие унифицированные узлы, использование которых снижает стоимость изготовления, эксплуатации и ремонта станков: автоматические коробки скоростей; комплексные электроприводы, с асинхронными электродвигателями и электродвигателями постоянного тока; механические вариаторы; электромагнитные и тормозные муфты; беззазорные редукторы; передачи винт-гайка качения; гидростатические передачи; гидропанели; инструментальные головки и блоки; резцедержатели; револьверные головки; системы подачи СОЖ; УЧПУ и др.

Органы управления станков с ЧПУ выполняют в виде электрических кнопок, переключателей, тумблеров. Обычно станок с ЧПУ оснащен двумя или тремя пультами управления: один размещен на УЧПУ, второй (оперативный) - вблизи исполнительных органов станка, третий, предназначенный для включения станка и его основных систем, может быть расположен вдали от станка.

Приводы подач станков с ЧПУ содержат зубчато-реечные, зубчато-червячные и шариковинтовые передачи с автоматической выборкой зазоров.

ДОС как устройство обратной связи (выдающее информацию о величине фактического перемещения, положения и скорости ИО станка) входит в систему путевого контроля, включенную в измерительную схему и схему формирования выходного сигнала. Эти схемы являются

устройствами согласования ДОС с основными узлами УЧПУ. ДОС подразделяют на абсолютные и циклические. В отечественных станках с ЧПУ в качестве циклических ДОС применяют преобразователи, измеряющие линейные перемещения и построенные на основе сельсинов.

Сельсин - вращающийся трансформатор с воздушным зазором, у которого при вращении ротора происходит изменение величины напряжения. В сельсине поворот ротора относительно статора преобразуется в сдвиг фаз выходного и опорного напряжения.

Преобразователи на основе сельсинов являются датчиками обратной связи по углу поворота, поэтому их стыкуют непосредственно с вращающимися элементами приводов подач станков или связывают с поступательно перемещающимися ИО станка через передачу «зубчатая рейка-шестерня». Стыковка ДОС с ИО станка представлена на рисунке 1.3. К данному типу ДОС относятся вращающиеся трансформаторы, развернутые сельсины, индуктосины.

К вспомогательным механизмам относятся устройства смены инструмента, уборки стружки, смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства и т.д. Для уборки стружки используют винтовые конвейеры, магнитные сепараторы и т.д. Для сокращения потерь времени при загрузке применяют приспособления, позволяющие одновременно устанавливать заготовку и снимать деталь во время обработки другой заготовки (столы с двумя позициями, маятниковые столы и др.). К устройствам автоматической смены инструмента относятся магазины, автооператоры, револьверные головки.

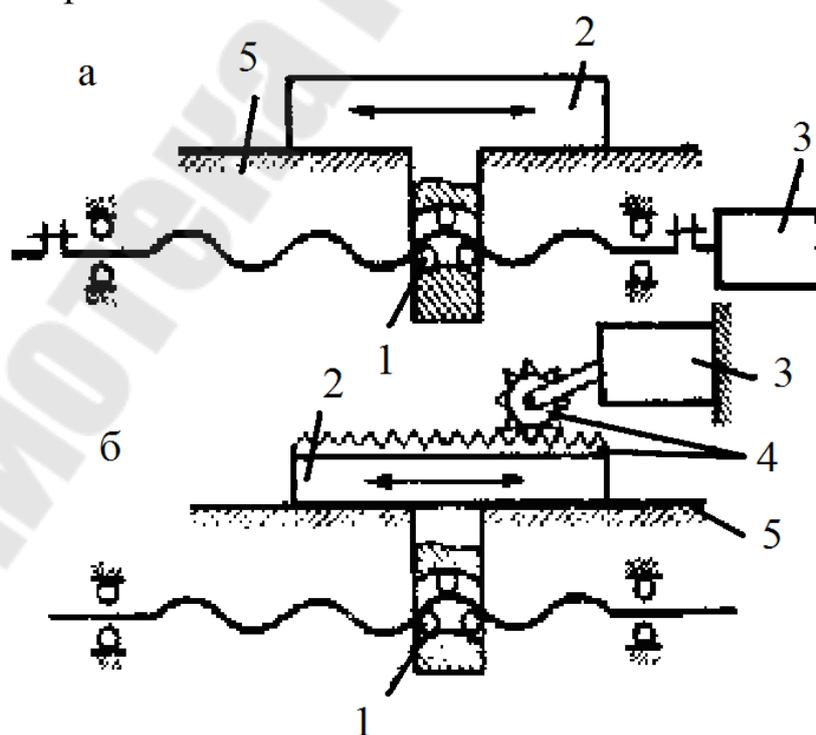


Рисунок 1.3 – Схемы установки ДОС

1.4. Несущие системы металлорежущих станков

Несущие или базовые детали металлорежущих станков служат для создания требуемого пространственного размещения узлов, несущих инструмент или обрабатываемую заготовку, и обеспечивают точность их взаимного расположения под нагрузкой. Совокупность базовых деталей между инструментом и заготовкой образуют несущую систему станка.

К базовым деталям относятся: станины, основания, колонны, стойки, поперечины, ползуны, траверсы, столы, каретки, суппорты, планшайбы, корпуса шпиндельных бабок и т.п.

По форме базовые детали металлорежущих станков условно разделены на три группы: брусья - детали, у которых один габаритный размер больше двух других; пластины - у которых один размер значительно меньше двух других; коробки - габаритные размеры одного порядка.

На базовых деталях выполняют направляющие, которые обеспечивают правильность траектории движения заготовки или инструмента и точность узлов станка. Во многих случаях направляющие выполняют как одно целое с базовыми деталями.

Базовые детали и направляющие должны иметь:

- высокую первоначальную точность изготовления всех ответственных поверхностей для обеспечения требуемой геометрической точности станка;

- высокие демпфирующие свойства, т.е., способность гасить колебания между инструментом и заготовкой от действия различных источников вибраций;

- высокую жесткость, определяемую конкретными деформациями подвижных и неподвижных стыков, местными деформациями и деформациями самих базовых деталей;

- долговечность, которая выражается в стабильности формы базовых деталей и способности направляющих сохранять первоначальную точность в течение заданного срока эксплуатации.

Кроме того, базовые детали должны иметь малые температурные деформации, из-за которых могут происходить относительные смещения заготовки и инструмента, а направляющие должны обладать малой величиной и постоянством сил трения, т.к. от этого зависит точность позиционирования узлов станка.

1.5. Станины и направляющие станин МРС

Основными базовыми деталями станков являются станины. В зависимости от положения оси шпинделя станка и направления перемещения подвижных частей, они делятся на горизонтальные (станины) и верти-

кальные (стойки) (рисунок 1.4).

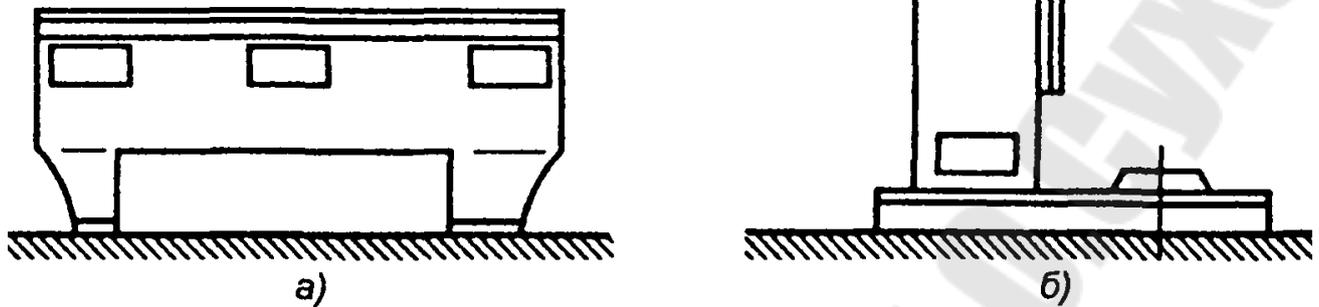


Рисунок 1.4 – Конструкции станин МРС

Станина является основанием станка, от прочности, жесткости и износостойкости которой зависит качество его работы. Станина должна обеспечивать правильное взаимное положение узлов и частей станка на его базирующих поверхностях. Последние несут на себе неподвижные и подвижные узлы. Поверхности, несущие подвижные части станка, называются направляющими. Форма и конструкция станка зависят от расположения направляющих (горизонтальные, вертикальные, наклонные), от веса, размеров и длины ходов основных частей и узлов станка, необходимости размещения внутри станины различных механизмов и агрегатов.

Станины большинства станков получают литьем из серого чугуна различных марок (СЧ-32; СЧ-21; СЧ-15). Получает распространение также модифицированный чугун МСЧ-38 и МСЧ-28.

Применяют также сварные конструкции станин. При равной жесткости с чугунными литыми станинами они имеют меньший вес, большую износостойкость. Сварные станины дешевле литых. Для сварных станин применяются стали марок Ст3, Ст4. Для снятия внутренних напряжений станины перед механической обработкой подвергаются естественному или искусственному старению.

Направляющие являются наиболее ответственной частью станины и служат для обеспечения прямолинейного или кругового перемещения подвижных элементов станка (рисунок 1.5). Различают направляющие скольжения и качения. Они делятся на: охватываемые и охватывающие. Охватываемые направляющие имеют выпуклый профиль, на котором плохо удерживается смазка, но они просты в изготовлении и на них не задерживается стружка. Поэтому их применяют для перемещения со скоростью подачи суппортов, столов, бабок в токарных, фрезерных, сверлильных и других станках. Охватывающие направляющие имеют вогнутый

профиль, который хорошо удерживает смазку, но требует хорошей и надежной защиты от попадания стружки и загрязнений. Их применяют при высоких скоростях скольжения в шлифовальных, карусельных, продольно-строгальных и других станках. По профилю направляющие делятся на: прямоугольные, призматические, типа «ласточкин хвост» и круглые. В станках часто используют комбинированные направляющие, одна из которых выполнена плоской, а другая призматической, при этом, для восприятия опрокидывающих моментов, они снабжены прижимными планками, которые крепятся к каретке (рисунок 1.6).

Все большее распространение находят направляющие качения в средних и легких станках с ЧПУ, в координатно-расточных станках, в шлифовальных, копировальных и др. Основным преимуществом направляющих является малая сила сопротивления движению, в 15-20 раз меньше, чем в направляющих скольжения, отсутствие скачков при скоростях движения менее 12 мм/мин, высокая точность установочных перемещений, беззазорность и долговечность. Однако, при изготовлении они требуют значительных затрат, качественной и точной обработки рабочих поверхностей и надежной их защиты.

Направляющие качения в зависимости от вида тел качения делятся на шариковые и роликовые; от расположения тел качения - на незамкнутые и замкнутые. В незамкнутых направляющих разъединению основных сопрягаемых поверхностей препятствует, в основном, сила тяжести подвижного узла, Роликовые направляющие имеют жесткость в 2,5-3,5 раза и несущую способность в 20-30 раз больше шариковых при тех же размерах (рисунок 1.7).

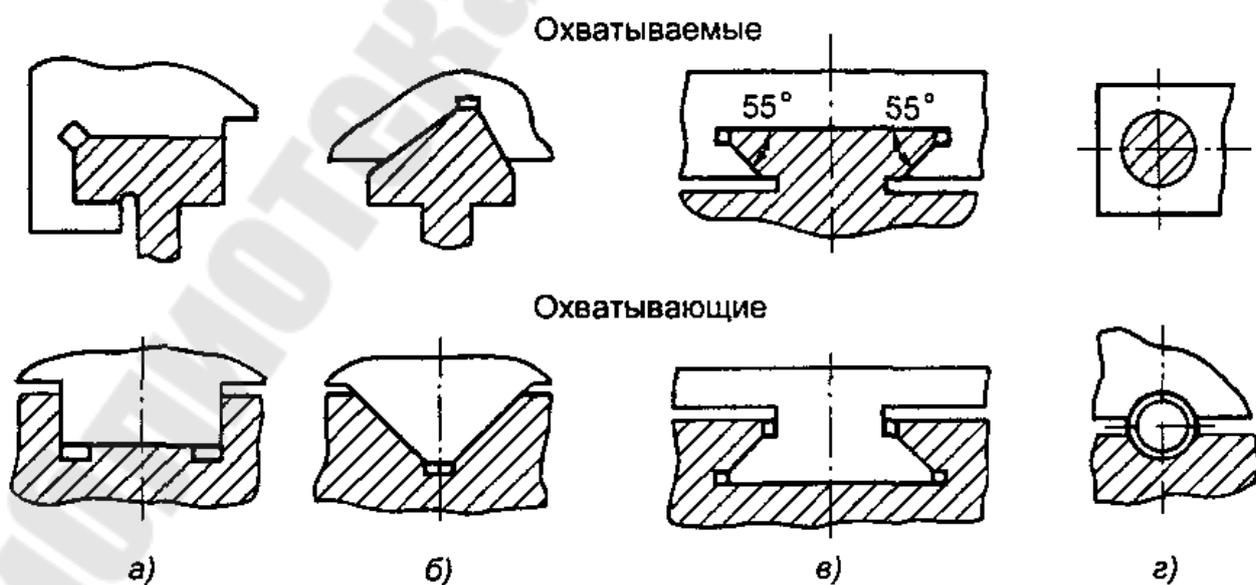


Рисунок 1.5 – Направляющие скольжения

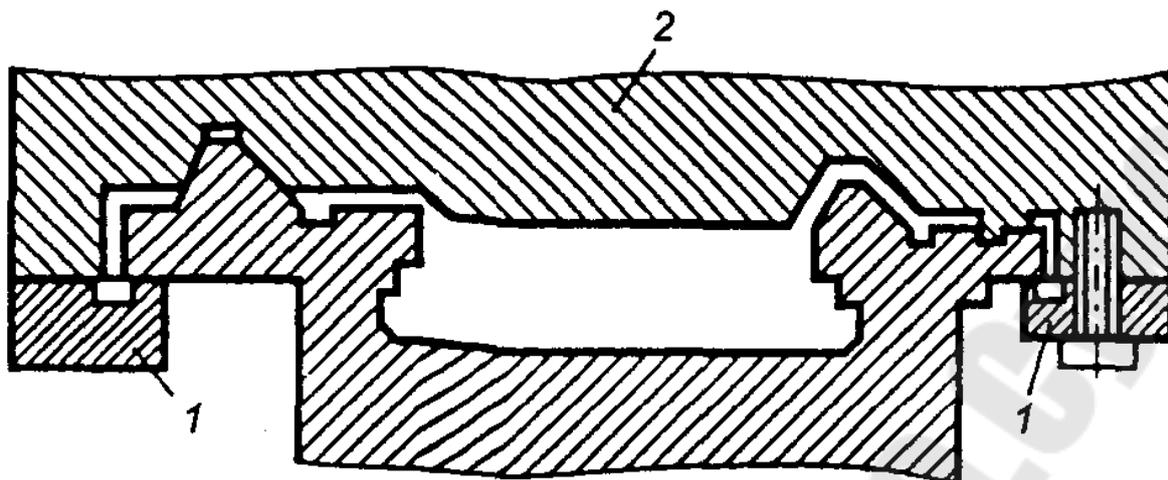


Рисунок 1.6 – Комбинированные направляющие скольжения

Наибольшее распространение получили закаленные направляющие из цементируемой стали 20Х и хромистых шарикоподшипниковых сталей ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ, с твердостью 60-62 HRC и из чугуна СЧ21 с твердостью 200 - 250 НВ.

Для защиты направляющих от механических повреждений и попадания на рабочую поверхность загрязнений применяют защитные устройства.

Гидростатическими и аэростатическими называют направляющие, у которых к сопряженным поверхностям в специальные проточки подается масло или воздух под давлением с целью создания постоянного масляного или воздушного слоя по площади контакта.

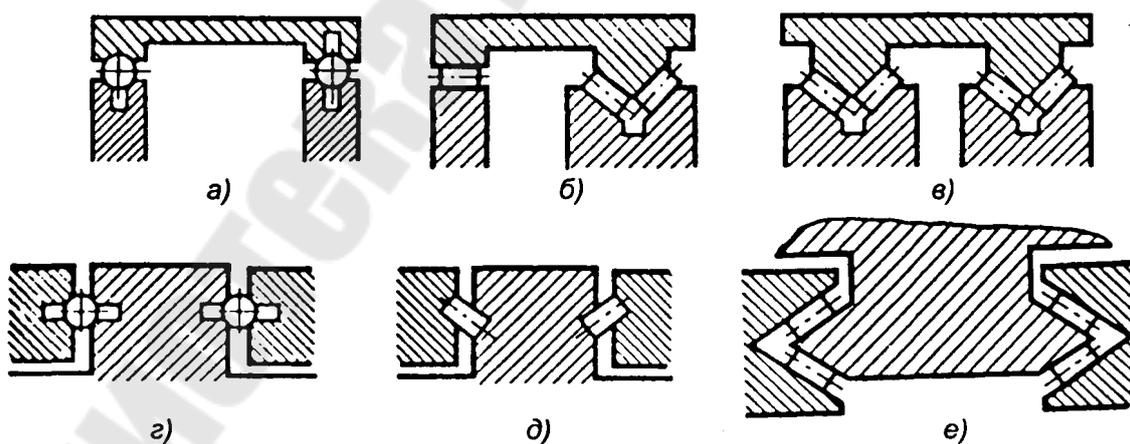


Рисунок 1.7 – Направляющие качения

Гидростатические направляющие в основном применяют в тяжелых станках. Качество металлорежущих станков существенно повышается, если их элементы имеют высокую жесткость и нагрузочную способность, высокий КПД, минимальный износ при отсутствии зазоров, высокую плавность

перемещений и точность позиционирования, а также способность длительного сохранения первоначальной точности. Точность движения узла по гидростатическим направляющим достигается поддержанием определенной толщины масляного слоя при изменяющейся нагрузке и изготовлением направляющих с высокой точностью. Использование самоустанавливающихся плавающих опор позволяет преодолеть технологические трудности при изготовлении точных направляющих прямолинейного движения, имеющих две параллельные поверхности большой протяженности, а также избежать опасности повреждения вследствие задиров и больших тепловых и силовых деформаций.

Трущиеся поверхности в аэростатических направляющих разделяют подачей в специальные карманы воздуха под давлением. В результате между сопряженными поверхностями направляющих образуется воздушная подушка. Аэростатические направляющие по конструкции похожи на гидростатические. Рабочую поверхность направляющих делят на несколько секций, в которых располагаются карманы. В каждой секции подвод и распределение воздуха независимые. Недостатки аэростатических направляющих: малая нагрузочная способность, невысокое демпфирование колебаний, так как вязкость воздуха на четыре порядка меньше вязкости масла, низкие динамические характеристики, склонности к отказам из-за засорения магистрали и рабочего зазора. Главные достоинства аэростатических направляющих состоят в том, что они при движении обеспечивают низкий коэффициент трения, а при отключении подачи воздуха быстро создают контакт поверхностей с большим трением, обеспечивающий жесткую фиксацию узла станка в заданной позиции. Отпадает необходимость в фиксирующих устройствах, в которых нуждаются гидростатические направляющие. Воздух в аэростатических направляющих подводят под избыточным давлением. Такие направляющие используют в прецизионных станках, в которых применяют малые силы резания, но необходимо точное позиционирование.

1.6. Коробки скоростей МРС

Коробкой скоростей называют механизм, предназначенный для ступенчатого изменения частоты (скорости) вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего путем изменения передаточного числа. Это изменение достигается вращением различных зубчатых кинематических пар между валами. Коробки скоростей должны обеспечивать стандартный ряд частот вращения шпинделя.

Коробки скоростей компактны, удобны в управлении и надежны в работе. К недостаткам коробок скоростей относятся трудность или не-

возможность бесступенчатого регулирования частот вращения, возникновения вибраций и шума на некоторых частотах. Существует большое число различных конструкций коробок скоростей, однако все они представляют собой сочетание отдельных типов механизмов.

По компоновке коробки скоростей разделяются на коробки с зубчатыми колесами, встроенными в шпindelную бабку, и коробки скоростей с отдельным приводом, когда шпindelная бабка и коробка скоростей выполняются в виде отдельных узлов, соединенных ременной передачей.

По способу переключения коробки скоростей бывают со сменными зубчатыми колесами между валами и неизменным межосевым расстоянием, с передвижными колесами или блоками колес, с неподвижными вдоль валов колесами и кулачковыми муфтами, с фрикционными муфтами, с электромагнитными муфтами и с комбинированным переключением. Коробки скоростей выполняются в закрытом корпусе, зубчатые колеса работают в масляной ванне. Такая конструкция предохраняет механизмы от загрязнения, обеспечивает обильное смазывание и хорошее охлаждение механизмов, повышает КПД коробки скоростей.

Коробки скоростей со сменными зубчатыми колесами применяют для ступенчатого регулирования частот вращения выходного вала (рисунок 1.8).

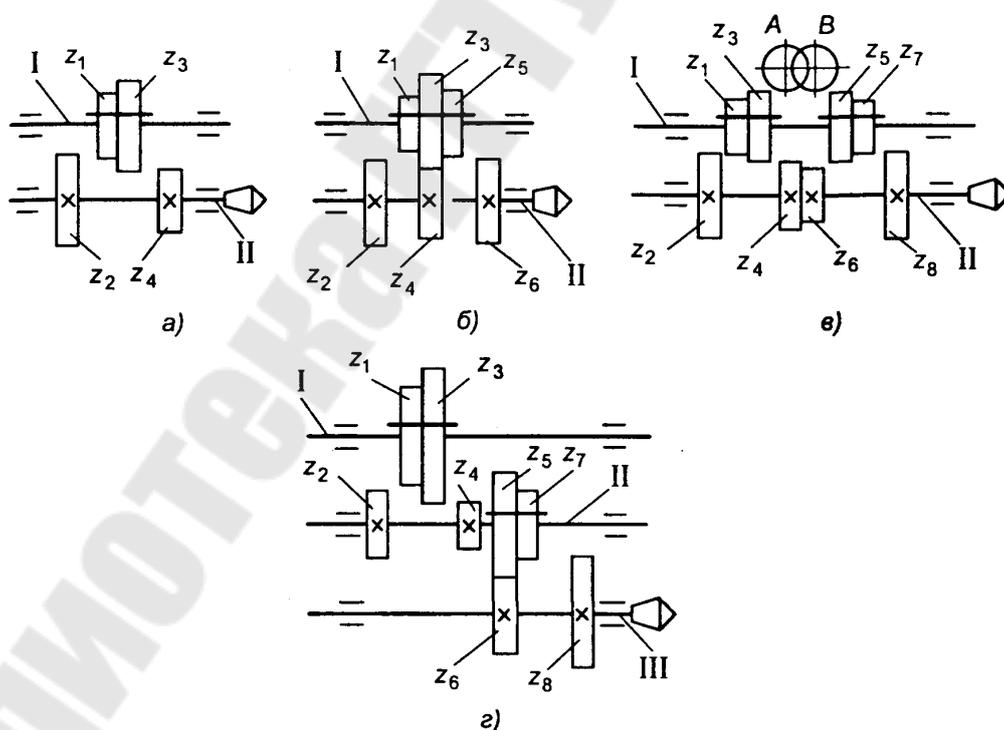


Рисунок 1.8 – Схемы коробок скоростей

Коробки скоростей характеризуются следующими основными характеристиками: диапазоном регулирования, числом ступеней и знаменателем геометрического ряда. На рисунке 1.8 представлены примеры коробок скоростей МРС с двумя ступенями вращения (рисунок 1.8, а), тре-

мя ступенями вращения (рисунок 1.8, б) и четырьмя ступенями вращения (рисунок 1.8, в).

Передачи в коробках скоростей обычно проектируют в виде ряда двухваловых механизмов с переключаемыми муфтами и с блоками из двух или трех зубчатых колес.

Диапазоном D регулирования коробки скоростей называется отношение максимальной частоты вращения ведомого вала (шпиндельного вала) к минимальной частоте вращения ведомого вала (шпиндельного вала): $D = N_{\max}/N_{\min}$.

1.4. Шпиндельные механизмы МРС

Шпиндель - вал металлорежущего станка, передающий вращение режущему инструменту, закрепленному в нем или обрабатываемой заготовке. Средненагруженные шпиндели изготавливают обычно из стали 45 с улучшением (закалка и высокий отпуск). При повышенных силовых нагрузках применяют сталь 45 с низким отпуском. Для шпинделей, требующих высокой поверхностной твердости и вязкой сердцевины, применяют сталь 45 с закалкой ТВЧ и низким отпуском.

Конструктивная форма шпинделей зависит от способа установки на нем зажимных приспособлений для крепления режущего инструмента или обрабатываемой заготовки, посадок элементов привода и типов применяемых опор (рисунок 1.9). Шпиндели, как правило, изготавливают со сквозным отверстием для прохода прутка. Передние концы шпинделей станков общего назначения стандартизированы.

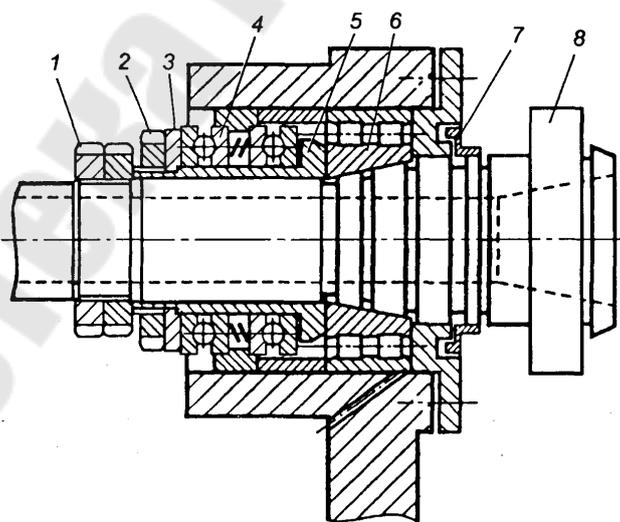


Рисунок 1.9 – Конструкция передней опоры шпинделя токарного станка

В качестве опор шпинделей станков применяют подшипники качения и скольжения. Шпиндельные узлы должны обладать высоким качеством. Поэтому подшипники качения, используемые в опорах шпинделей, должны быть высоких классов точности. Выбор класса точности

подшипника определяется допуском на биение исполнительных поверхностей шпинделя (коническое отверстие и базирующие поверхности для установки патронов, для крепления инструмента и заготовок), который зависит от требуемой точности обработки. Обычно в передней опоре используют более точные подшипники, чем в задней.

1.5. Коробки передач МРС

Коробки передач предназначены для сообщения вращения ходовому валу и ходовому винту токарного станка, фрезерного станка и др.

Коробка передач в большинстве случаев получает движение от шпинделя станка или от отдельного электродвигателя. Значения передач должны обеспечить требуемые параметры шероховатости обрабатываемой поверхности, а также высокую стойкость инструмента и производительность станка.

Коробки передач бывают: с зубчатыми передачами; со сменными колесами при постоянном расстоянии между осями валов; с передвижными колесами и блоками колес; со встроенными ступенчатыми конусами (наборами) колес и вытяжными шпонками; с накладным колесом; с гитарами сменных колес (рисунок 1.10).

Находят применение также коробки передач в виде гитар сменных зубчатых колес. Гитара - узел станка, предназначенный для изменения скорости подачи. Гитары сменных колес дают возможность настраивать подачу с любой степенью точности. Гитары бывают двухпарные и трёхпарные. Каждую гитару снабжают определенным комплектом сменных зубчатых колес.

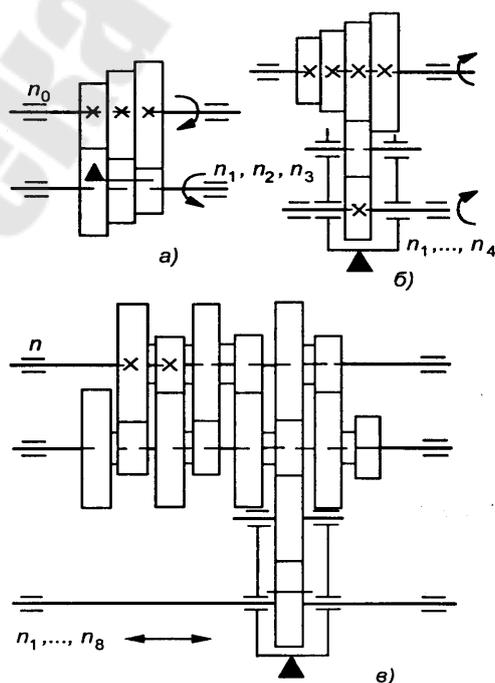


Рисунок 1.10 – Схемы конструкций коробок передач

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Металлорежущие станки классифицируют по различным признакам.

1. В зависимости от вида обработки, применяемого режущего инструмента и компоновки все серийно выпускаемые металлорежущие станки разделены на девять групп, в каждой группе предусмотрены девять типов или подгрупп (таблица 2.1).

Станки одного и того же типа могут отличаться компоновкой, кинематикой, т.е. совокупностью звеньев, передающих движение, конструкцией, системой управления, размерами, точностью обработки и др.

Стандартами установлены основные размеры, характеризующие станки каждого типа. Для токарных и круглошлифовальных станков это наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, для фрезерных станков - длина и ширина стола, на который устанавливаются заготовки или приспособления, для поперечно-строгальных станков - наибольший ход ползуна с резцом. Группа однотипных станков, имеющих сходную компоновку, кинематику и конструкцию, но разные основные размеры, составляет размерный ряд.

Конструкция станка каждого типоразмера, спроектированная от заданных условий обработки, называется моделью. Каждой модели присваивается свой шифр - номер, состоящий из нескольких цифр и букв. Первая цифра означает группу станка, вторая - его тип, третья цифра или третья и четвертая цифры отражают основной размер станка. Буква между первой и второй цифрами означает определенную модернизацию основной базовой модели станка. Буква между второй и третьей цифрами или буква после третьей и четвертой цифрами обозначает модификацию станка.

2. По степени универсальности различают следующие станки:

- универсальные, которые используют для изготовления деталей широкой номенклатуры с большой разницей в размерах;
- специализированные, которые предназначены для изготовления однотипных деталей, например, корпусных деталей, ступенчатых валов сложных по форме, но различных по размеру;
- специальные, которые предназначены для изготовления одной определенной детали или детали одной формы с небольшой разницей в размерах.

3. По степени точности станки разделены на 5 классов: Н - станки нормальной точности, П - станки повышенной точности, В - станки высокой точности, А - станки особо высокой точности, С - особо точные или мастер-станки. В обозначение модели может входить буква, характеризующая точность станка.

Таблица 2.1 – Классификация металлообрабатывающих станков

Наименование группы станков	Шифр группы	Шифр подгруппы								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			Револьверные	Сверлильно-отрезные	Карусельные	Много-резцовые	Специализированные	Разные токарные
		Специализированные	Одношпиндельные	Многошпиндельные						
Сверлильные и расточные	2		Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные
				Одношпиндельные	Многошпиндельные					
Шлифовальные и доводочные	3		Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочные	Специализированные		Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировочные
Комбинированные и станки для электрофизико-химической обработки	4		Универсальные	Полуавтоматы	Автоматы	Электрохимические	Электроискровые		Электроэрозионные, ультразвуковые	Анодно-механические

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зубо- и резьбообразующие	5	Резьбонарезные	Зубодолбежные	Зубострогальные	Зубофрезофрезерные	Зубофрезерные для червячных колёс	Для обработки торцов зубьев	Резьбофрезерные	Зубоотделочные	Зубо- и резьбошлифовальные
Фрезерные	6		Вертикальные консольные	Непрерывного действия		Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольнофрезерные	Широкоуниверсальные	Консольные горизонтальные
Строгальные, долбежные и протяжные	7		Продольные строгальные		Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные		Протяжные вертикальные	
			Одно-стоечные	Двухстоечные						
Разрезные	8		Разрезные, работающие			Правильно-отрезные	Пилы			
			резцом	абразивным кругом	гладким диском		ленточные	дисковые	ножовочные	
Разные	9		Опиловочные	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентровообдирочные	Балансировочные	Для испытания инструмента	Делительные машины		

4. По степени автоматизации выделяют станки-автоматы и полуавтоматы. Автоматом называют такой станок, в котором, после настройки все движения, необходимые для выполнения цикла обработки, в том числе загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей, осуществляется автоматически, т.е. выполняются механизмами станка без участия оператора. Цикл работы полуавтомата выполняется также автоматически, за исключением загрузки-выгрузки, которые производит оператор, он же осуществляет пуск полуавтомата после загрузки каждой заготовки.

С целью комплексной автоматизации для крупносерийного и массового производства создают автоматические линии и комплексы, объединяющие различные автоматы, а для мелкосерийного производства - гибкие производственные модули.

Автоматизация мелкосерийного производства деталей достигается созданием станков с программным управлением (цикловым) в обозначение модели вводится буква Ц (или числовой буква Ф). Цифра после буквы Ф обозначает особенность системы управления: Ф1 - станок с цифровой индикацией (с показом чисел, отражающих, например, положение подвижного органа станка) и предварительным набором координат; Ф2 - станок с позиционной или прямоугольной системой; Ф3 - станок с контурной системой; Ф4 - станок с универсальной системой для позиционной и контурной обработки.

5. По массе станки подразделяются на: легкие - до 1 т, средние - до 10 т, тяжелые - свыше 10 т. Тяжелые станки в свою очередь делятся на: крупные - от 16 т до 30 т, собственно тяжелые - от 30 до 100 т, особо тяжелые - свыше 100 т.

Классификация станков с ЧПУ. По технологическим признакам и возможностям станки с ЧПУ классифицируются практически так же, как и универсальные станки, на базе которых изготавливается большинство станков с ЧПУ (рисунок 2.2).

Токарные станки с ЧПУ предназначены для обработки наружных и внутренних поверхностей заготовок деталей типа тел вращения, а также для нарезания наружной и внутренней резьбы.

Фрезерные станки с ЧПУ предназначены для обработки заготовок плоских и пространственных корпусных деталей, осуществляют следующие операции: плоское, ступенчатое и контурное фрезерование с нескольких сторон и под различными углами, сверление, растачивание, развертывание, нарезание резьбы и др.

Сверлильно-расточные станки с ЧПУ предназначены для обработки отверстий, выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, развертывание, обтачивание торцов, фрезерование, нарезание резьбы и др.

Шлифовальные станки с ЧПУ предназначены для шлифования наружных, внутренних и торцевых поверхностей деталей, имеющих прямолинейную и криволинейную форму образующей.

Многоцелевые станки с ЧПУ (обрабатывающие центры) предназначены для комплексной обработки заготовок деталей за одну установку, выполняют практически все операции обработки резанием.

Электроэрозионные станки с ЧПУ предназначены для вырезания методом электроэрозии деталей сложного контура из токопроводящих материалов, обработка которых другими способами затруднена или невозможна. Обработка осуществляется непрерывно перемещающимся электродом-проволокой (из латуни, меди, молибдена, вольфрама) в среде керосина или воды с антикоррозионными присадками.

В зависимости от типа управления станки с ЧПУ оснащаются различными СЧПУ: позиционными, контурными или комбинируемыми (позиционно-контурными).

Различают станки низкого, среднего и высокого уровней автоматизации. В станках с низким уровнем автоматизации программируются только перемещения исполнительных органов, управляемых от УЧПУ. Для таких станков, характерно небольшое число технологических команд, поступающих от УЧПУ к исполнительным органам станка. Эти команды хранятся в кодированном виде в УЧПУ, не требуют переработки и передаются на исполнительные органы непосредственно или через силовые реле устройства электроавтоматики станка.

В станках со средним уровнем автоматизации используется большое число технологических команд. Эти команды требуют переработки, которая осуществляется, как правило, устройством электроавтоматики, размещенным в специальном шкафу и состоящим из релейных или электронных схем. Переработка команд заключается в их дешифровке, при которой код команды, поступающей на УЧПУ, преобразуется в сигналы, управляющие исполнительными органами станка.

Помимо дешифровки устройство электроавтоматики управляет различными автоматическими циклами (смена инструмента, сверление и т.д.).

В станках с высоким уровнем автоматизации переработку технологических команд осуществляет УЧПУ.

По способу смены инструмента станки с ЧПУ подразделяются на следующие типы: с ручной сменой инструмента и его ручным закреплением; с ручной сменой инструмента и его механическим закреплением; с автоматической сменой инструмента в револьверной головке; с автоматической сменой (манипулятором) инструмента, хранящегося в инструмен-

тальном магазине.

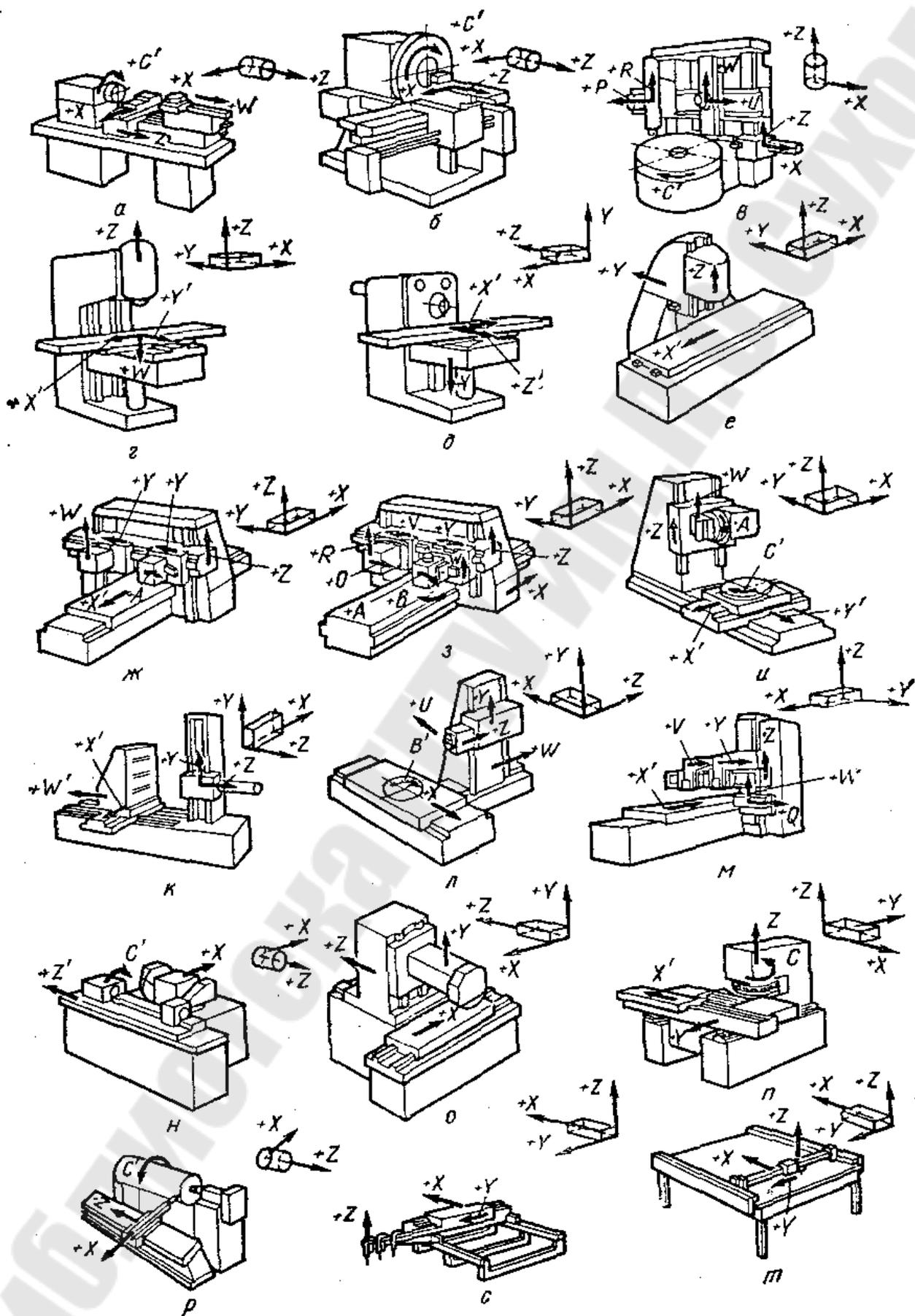


Рисунок 2.2 – Компоновки металлорежущих станков с ЧПУ и расположение осей координат в станках с ЧПУ

Показатели, характеризующие станки с ЧПУ, следующие: 1) класс точности: Н; П; В; А; С; 2) вид системы ЧПУ: Ф1; Ф2; Ф3 Ф4; 3) выполняемые технологические операции; 4) основные параметры: наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной; наибольший диаметр обработки при установке изделия над станиной (для патронных станков); наибольший диаметр обработки при установке изделия над суппортом (для центровых и патронных станков); наибольший диаметр обрабатываемого прутка (для прутковых станков); ширина рабочей поверхности стола или его диаметр, наибольший условный диаметр сверления; диаметр шпинделя и др.; 5) величина перемещений исполнительных органов станка: суппорта по двум координатам; выдвигание шпинделя; перемещение стола по двум координатам и т.д.; 6) дискретность СЧПУ; 7) точность и повторяемость позиционирования по управляемым координатам; 8) главный привод: вид и модель; мощность; частота вращения и ее регулирование (ступенчатое или бесступенчатое); числа рабочих скоростей и автоматически переключаемых скоростей и т.д.; 9) привод подач: вид и модель; мощность, пределы и числа рабочих подач; скорость быстрого перемещения и т.д.; 10) число инструментов в резцедержателе, револьверной головке или в инструментальном магазине; 11) способ смены инструмента; 12) число управляемых координат и число одновременно управляемых координат; 13) обозначение координатных осей и направление движения исполнительных органов; 14) тип и модель УЧПУ; 15) вид интерполяции: линейная; линейно-круговая и т.д.; 16) вид программ-носителя и код программирования; 17) габариты и масса станка.

Система координат и направление движения в станках с ЧПУ. Работа станка с ЧПУ и программирование процесса обработки связаны с системами координат. Для станков с ЧПУ направление перемещений и их символика стандартизованы. Координатные оси расположены параллельно направляющим станка (рисунок 2.3). Единой системой координат для всех станков с ЧПУ является правая система, в которой координатные оси X , Y и Z (сплошные линии) указывают положительное направление перемещений инструмента относительно неподвижных частей станка. Координатные оси X_1 , Y_1 , Z_1 (пунктирные линии), направлены противоположно осям X , Y и Z , указывают положительные направления перемещений заготовки относительно неподвижных частей станка. Ось X всегда расположена горизонтально, ось Z совмещается с осью вращения инструмента (на токарных станках - с осью вращения шпинделя). Положительными всегда являются такие движения, при которых инструмент и заготовка взаимно удаляются. Круговые перемещения инструмента (например, поворот оси шпинделя фрезерного станка) обозначают буква-

ми А (вокруг оси X), В (вокруг оси Y) и С (вокруг оси Z). Круговые перемещения заготовки (например, управляемые по программе поворота стола на расточном станке) обозначаются соответственно A_1 , B_1 , C_1 .

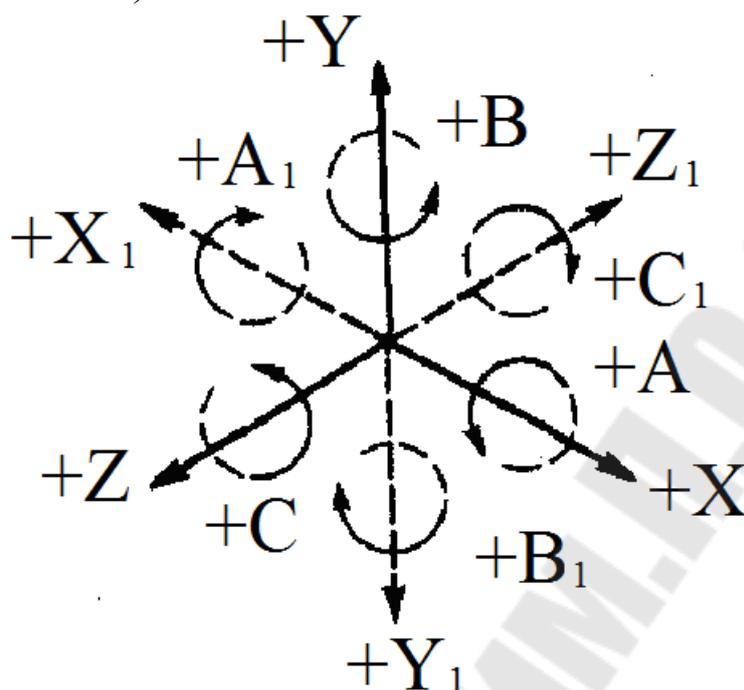


Рисунок 2.3 – Стандартная система координат в станках с ЧПУ

Для программирования обработки необходимо, чтобы направление перемещения каждого исполнительного органа станка обозначалось определенной буквой, которая указывает в УП на тот исполнительный орган, который необходимо включить. Клавиатура устройства ЧПУ не имеет букв со штрихами, поэтому для записи информации при обозначении направлений перемещений двух исполнительных органов вдоль одной оси используют так называемые вторичные оси: U (вместо X), V (вместо Y), W (вместо Z). При перемещении трех исполнительных органов вдоль одного направления используют третичные оси: P, Q и R.

Способы и начало отсчета координат. При настройке станка с ЧПУ каждый ИО устанавливается в некоторое исходное положение, из которого он перемещается при обработке заготовки на строго определенные расстояния, поэтому инструмент проходит через заданные опорные точки траектории.

3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МРС

Для оценки качества станков пользуются системой технико-экономических показателей, наиболее важными из которых являются точность, производительность, надежность, экономическая эффективность, безопасность и удобство обслуживания. Имеют также значение универсальность, степень автоматизации, материалоемкость, габаритные размеры, патентоспособность и другие показатели.

Эффективность — комплексный (интегральный) показатель, который наиболее полно отражает главное назначение станочного оборудования — повышать производительность труда и соответственно снижать затраты труда при обработке деталей.

Эффективность станков, шт./руб.: $A = N/\Sigma c$,
где N – годовой выпуск деталей, Σc – сумма годовых затрат на их изготовление.

При проектировании или подборе станочного оборудования всегда следует стремиться к максимальной эффективности, а показатель ($A = N/\Sigma c \rightarrow \max$) при этом следует рассматривать как целевую функцию.

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

Штучная производительность выражается числом деталей, изготовленных в единицу времени, при непрерывной безотказной работе.

Производительность резания определяют объемом материала, снятого с заготовки в единицу времени. Этот показатель применяют иногда для оценки возможностей станков для предварительной обработки или для сравнения различных технологических способов размерной обработки (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Параметры технологических способов размерной обработки

Вид обработки	Производительность размерной обработки, см ³ /мин	Мощность, кВт
Точение	1500	0,06
Шлифование	800	0,6
Электроискровая	15	1,0
Электрохимическая	15	10
Ультразвуковая	1	25
Лазерная	0,01	4000

Штучная производительность зависит от производительности резания и затрат времени t_x на холостые ходы и t_w на вспомогатель-

ные операции, несовмещенные во времени с обработкой. Если t_p - время резания, то продолжительность цикла обработки одной детали: $T = t_p + t_x + t_v$.

Повышение производительности станка достигается прежде всего увеличением скорости движения, глубины резания, числа одновременно работающих инструментов, автоматизацией цикла работы.

Надежность станка — свойство станка обеспечивать бесперебойный выпуск годной продукции в заданном количестве в течении определенного срока службы и в условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Нарушение работоспособности станка называют отказом. При отказе продукция либо не выдается, либо является бракованной. В автоматизированных станках и автоматических линиях отказы могут быть связаны с нестабильностью условий работы под влиянием отдельных случайных факторов и сочетания этих случайных факторов — разброса параметров заготовок, переменности сил резания и трения, отказов элементов систем управления и т. д. Кроме того, причинами отказов может быть потеря первоначальной точности станка из-за изнашивания его частей и ограниченной долговечности важнейших его деталей и механизмов (направляющих, опор, шпинделей, передач винт – гайка, фиксирующих устройств и т.п.). Безотказность станка – свойство станка непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени.

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

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

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

ния. Гибкость характеризуют двумя показателями – универсальностью и переналаживаемостью.

Универсальность определяется числом разных деталей, подлежащих обработке на данном станке, т. е. номенклатурой обрабатываемых деталей. При этом следует иметь в виду, что отношение годового выпуска к номенклатуре определяет серийность изготовления.

Точность станка в основном предопределяет точность обработанных на нем изделий. По характеру и источникам возникновения все ошибки станка, влияющие на погрешности обработанной детали, условно разделяются на несколько групп.

Геометрическая точность зависит от ошибок соединений и влияет на точность взаимного расположения узлов станка при отсутствии внешних воздействий. Геометрическая точность зависит главным образом от точности изготовления соединений базовых деталей и от качества сборки станка. На погрешности в расположении основных узлов станка существуют нормы; соответствие этим нормам проверяют для нового станка и периодически при его эксплуатации. Нормы на допустимые для данного станка геометрические погрешности зависят от требуемой точности изготовления на нем деталей.

Кинематическая точность необходима для станков, в которых сложные движения требуют согласования скоростей нескольких простых. Нарушение согласованных движений нарушает правильность заданной траектории движения инструмента относительно заготовки и искажает тем самым форму обрабатываемой поверхности. Особое значение кинематическая точность имеет для зубообрабатывающих, резбонарезных и других станков для сложной контурной обработки.

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

Точность станка характеризуется его способностью обеспечить форму, размеры, взаимное расположение с допустимыми отклонениями, а также определенную шероховатость обработанных поверхностей изделия. Повышение точности станка выгодно, т.к. благодаря этому устраняется ручная доводка, повышается долговечность или улучшаются другие эксплуатационные качества изготавливаемых деталей.

4. ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБРАБОТКОЙ НА СТАНКАХ

4.1. Методы образования поверхностей деталей на МРС

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.

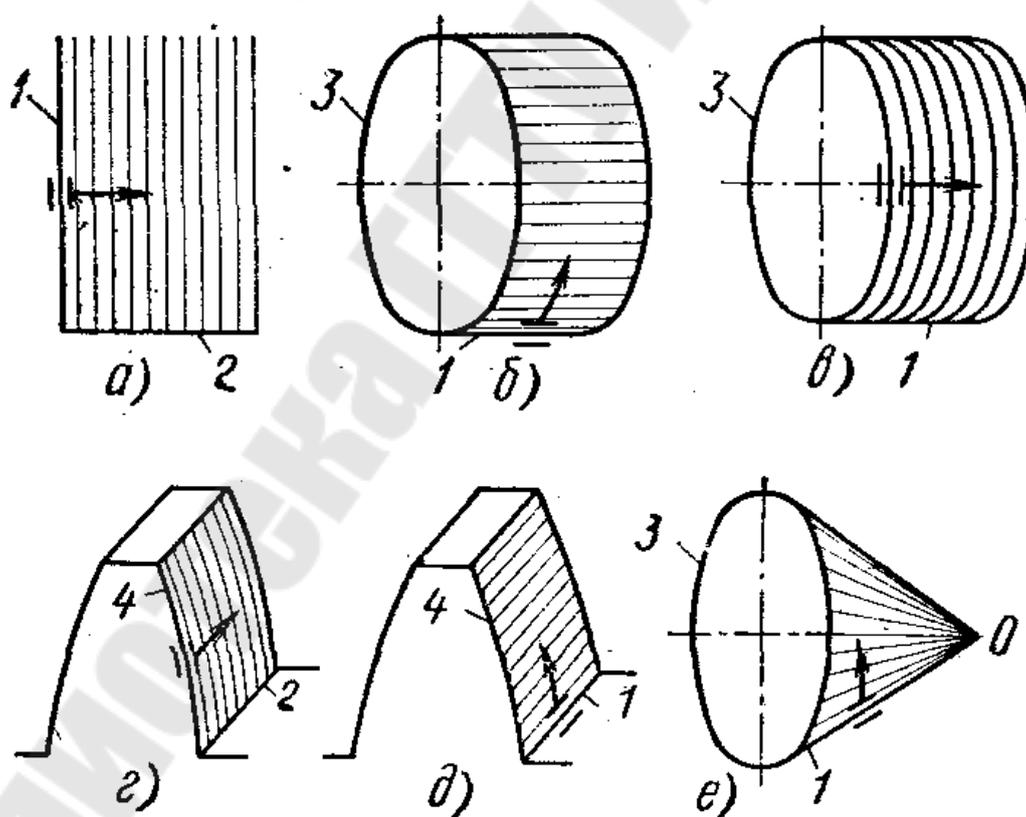


Рисунок 4.1 – Схемы образования поверхностей деталей

Поверхности обрабатываемых деталей можно рассматривать как непрерывное множество последовательных положений (следов) движущейся производящей линии, называемой образующей, по другой производящей линии, называемой направляющей. Например, для по-

лучения плоскости необходимо образующую прямую 1 перемещать по направляющей прямой 2 (рисунок 4.1, а). Цилиндрическая поверхность может быть получена при перемещении образующей прямой 1 по направляющей — окружности 3 или при движении образующей окружности 3 вдоль направляющей прямой 1 (рисунок 4.1, б, в). Рабочую поверхность зуба цилиндрического колеса можно получить, если образующую — эвольвенту 4 передвигать вдоль направляющей 1 или, наоборот, образующую прямую 1 передвигать по направляющей — эвольвенте 4 (рисунок 4.1, г, 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 (рисунок 4.1, е). Но, если окружность сделать образующей и перемещать вдоль направляющей прямой, то конуса не получится. Необходимо, чтобы по мере перемещения окружности к точке 0 её диаметр уменьшался и становился в вершине равным нулю. Такие поверхности называют также поверхностями с изменяющимися производящими линиями, в противоположность поверхностям с постоянными производящими линиями.

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 (рисунок 4.2).

Метод копирования основан на том, что режущая кромка инструмента по форме совпадает с производящей линией. Например, при получении цилиндрической поверхности образующая линия 1 воспроизводится копированием прямолинейной кромки инструмента, а направляющая линия 2 — вращением заготовки. Здесь необходимо одно формообразующее движение — вращение заготовки. Для снятия припуска и получения детали заданных размеров необходимо попе-

речное перемещение резца, но это движение (установочное) не является формообразующим.

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. 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 явится 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 возникает как след точки А — вершины резца, а при сверлении — 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 направляющая линия получается в результате вращения заготовки, во втором случае — при вращении сверла или заготовки. В обоих случаях требуются два формообразующих движения.

Метод касания основан на том, что образующая линия 1 является касательной к ряду геометрических вспомогательных линий 3, образованных реальной точкой движущейся режущей кромки ин-

струмента.

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

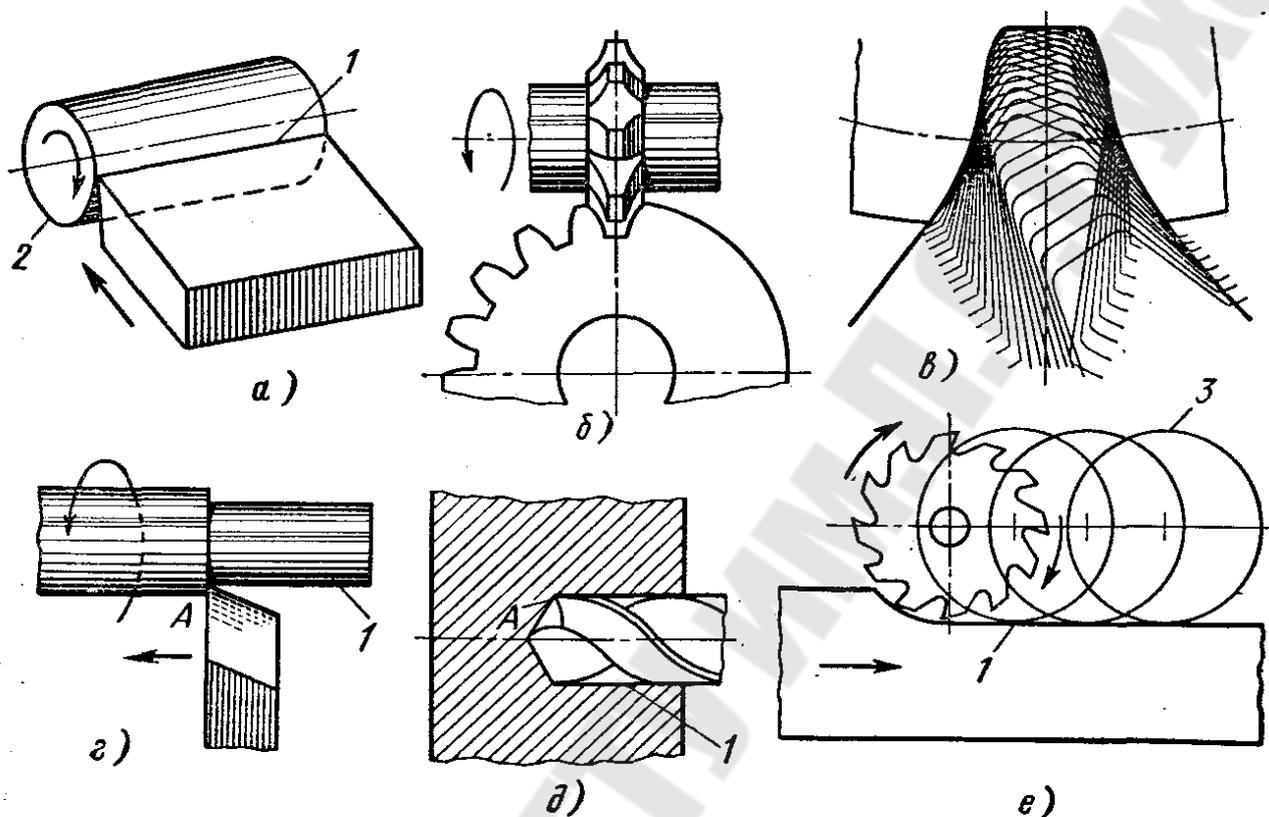


Рисунок 4.2 – Методы воспроизводства образующих линий

4.2. Основные и вспомогательные движения МРС

При изготовлении деталей на металлорежущих станках снятие припуска с заготовки инструментом осуществляется резанием.

Прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания, называется главным движением резания или просто главным движением (D_r) (ГОСТ 25762-83). На главное движение затрачивается большая часть мощности привода станка. Главное движение может быть вращательным или поступательным. При вращательном движении оно характеризуется частотой вращения (размерность: об/мин) (либо шпинделя с заготовкой, либо шпинделя с режущим инструментом), при поступательном - частотой двойных ходов (размерность: дв.х./мин). Иногда главное движение на станках получают в результате сложения двух движений.

Движением подачи (D_s) называют относительное движение инструмента и заготовки, обеспечивающее совместно с главным движе-

нием формообразование поверхности детали. Подачу определяют как величину перемещения инструмента относительно заготовки за один оборот (двойной ход) заготовки или инструмента (зависимые подачи на токарных, сверлильных и строгальных станках) (размерность: мм/об) или перемещение в единицу времени (независимые подачи на фрезерных и шлифовальный станках) (размерность: мм/мин).

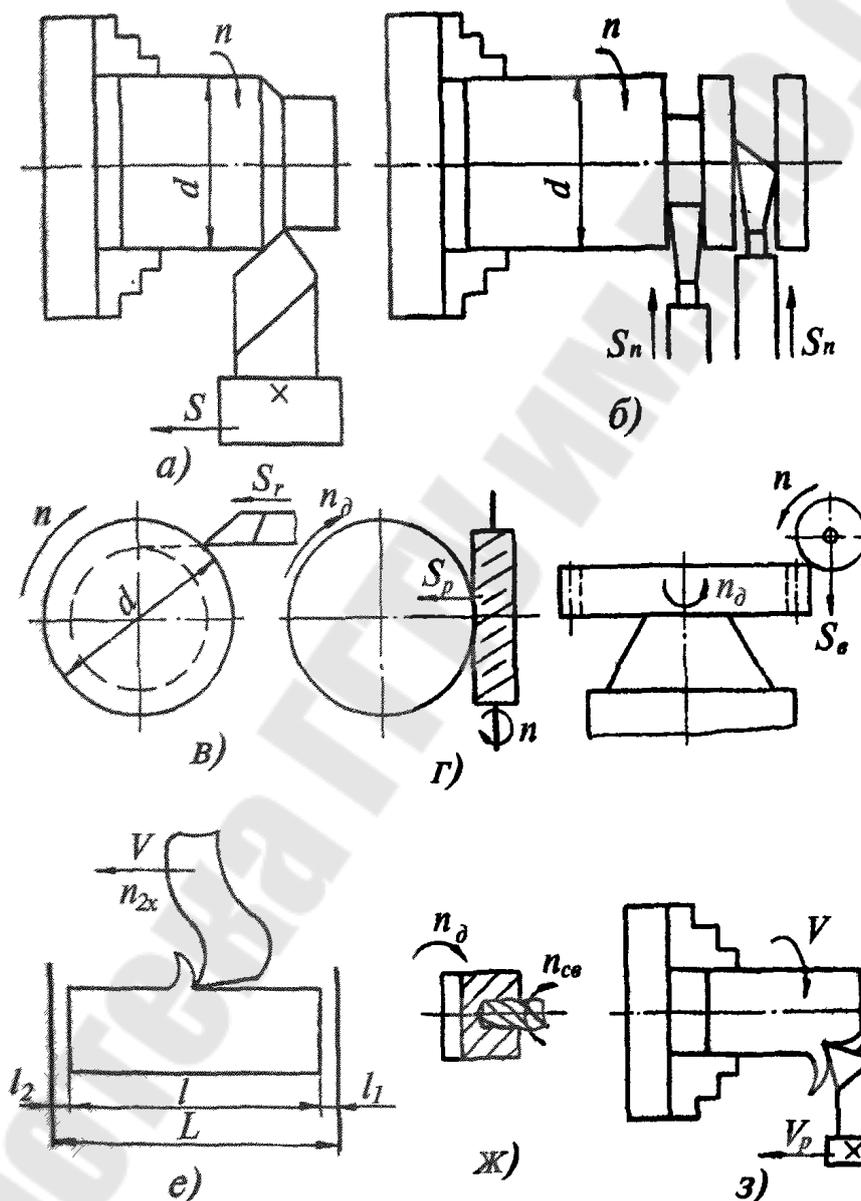


Рисунок 4.3 – Виды главного движения и подач в МРС

В зависимости от направления движения инструмента по отношению к детали подачи делят на продольную, поперечную, радиальную, круговую. Кроме того, подачи могут быть осевыми, в сверлильных станках и вертикальными в зубофрезерных станках.

Делительное движение - это движение, при котором осуществ-

ляется поворот заготовки на требуемый угол или линейное перемещение заготовки относительно инструмента на определенную величину.

Движение обката - это согласованное движение между инструментом и заготовкой, имеющее при формообразовании необходимое последовательное положение, например, соответствующее зацеплению двух зубчатых колес. Это движение используется преимущественно при нарезании зубчатых колес методом обката на зубофрезерных или зубодолбежных станках.

Дифференциальное движение алгебраически добавляется к какому-либо движению инструмента или заготовки. Понятие дифференциального движения аналогично с математическим понятием дифференциал, т.е. приращение. Суммировать можно только однородные движения: вращательное с вращательным, поступательное с поступательным. Для суммирования движений применяют дифференциальные механизмы. Дифференциальные движения применяются в затыловочных, зубофрезерных и других станках.

Вспомогательные движения подготавливают процесс резания, но сами в нем не участвуют. К таким движениям относят: отвод и подвод инструмента, зажим и разжим заготовки, установку и снятие инструмента, переустановку упоров на станке, изменение положения детали и т.д. Вспомогательные движения осуществляются либо вручную, либо от специальных приводов. В станкостроении обязательным условием сокращения ручного труда является автоматизация вспомогательных движений.

4.3. Назначение и типы приводов МРС

Приводом называется совокупность механизмов, передающих движение от источника энергии до элемента, выполняющего заданное движение в станке. В привод входят двигатель, механизм изменения передаточного отношения, механизмы включения, выключения и реверсирования движений. В станках применяют приводы вращательного (наиболее распространённый тип привода) и прямолинейного движения. Существуют приводы периодического движения рабочих органов на точно фиксированную величину.

Приводы станков подразделяют на: ступенчатые и бесступенчатые. Ступенчатое изменение скоростей движения обеспечивается коробками скоростей или подач, ступенчатыми шкивами либо электроприводом в виде многоскоростных асинхронных

электродвигателей; бесступенчатое - электроприводом постоянного тока, гидроприводом, механическим вариатором или комбинированным приводом. Современные станки с программным управлением имеют одиночные или многодвигательные приводы.

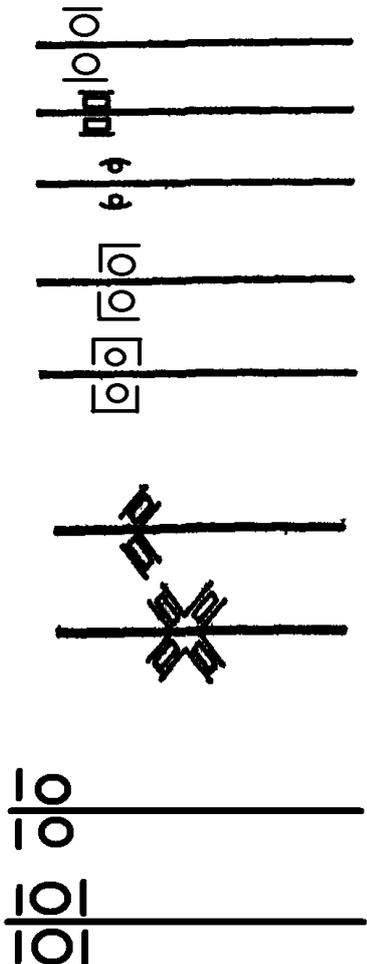
Передача от двигателя на ведущий вал механизма осуществляется ременной или зубчатой передачей, а также непосредственным соединением валов электродвигателя и механической передачи. В механизмах изменения скоростей движения, включения, выключения и реверсирования передача движения производится через ременные, цепные, зубчатые, винтовые, червячные, фрикционные или гидравлические связи. В механизмах подачи - через шариковые винтовые пары или пары винт-гайка скольжения и безлюфтовые редукторы, электромеханические и гидромеханические связи.

Основной задачей при выборе параметров и характеристик привода является обеспечение технологических режимов обработки детали с допустимыми геометрическими погрешностями и шероховатостью поверхности при максимальной производительности и минимальной себестоимости обработки. Особенностью работы современных электроприводов главного движения в станках с ЧПУ является совмещение операций в технологических циклах обработки деталей, характерных как для механизмов главного движения, так и для механизмов подачи.

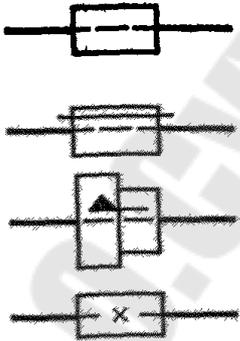
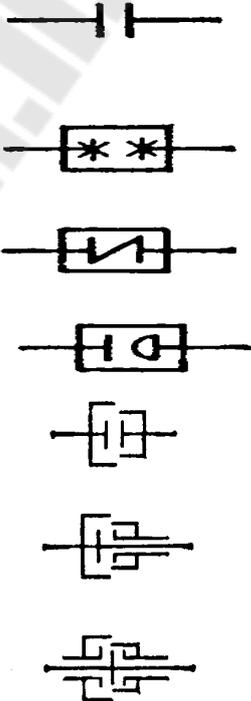
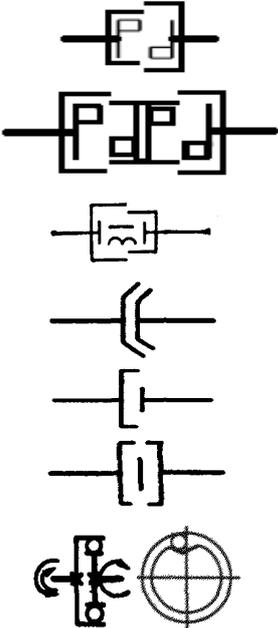
Условные обозначения элементов различных передач и элементов кинематических схем станков стандартизированы (таблица 4.1).

Для удобства изучения кинематических схем МРС все элементы отдельных приводов окрашиваются на цветных рисунках следующими установленными цветами: элементы приводов главного движения – синий цвет; элементы приводов подач – коричневый цвет; элементы приводов деления, обката – зелёный цвет; элементы приводов вспомогательных движений – красный цвет.

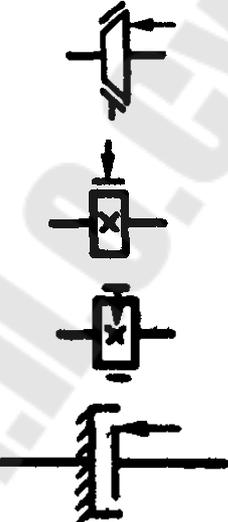
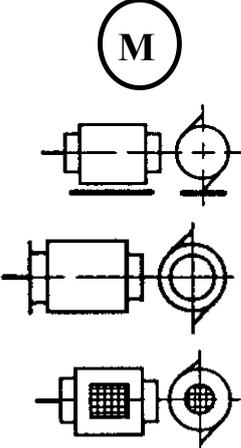
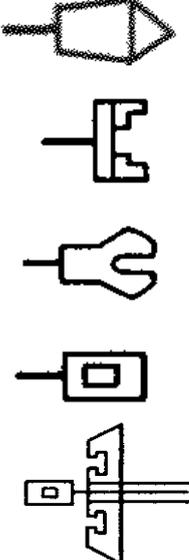
Таблица 4.1 – Условные обозначения для кинематических схем МРС

Наименование	Обозначение
1	2
Вал, валик, ось	
Шарнирное соединение стержней	
Подшипники скольжения и качения (без уточнения типа): радиальный упорный радиально-упорный односторонний радиально-упорный двухсторонний	
Подшипник качения: радиальный шариковый радиальный роликовый радиальный самоустанавливающийся радиально-упорный шариковый односторонний радиально-упорный шариковый двухсторонний радиально-упорный роликовый односторонний радиально-упорный роликовый двухсторонний упорный шариковый односторонний упорный шариковый двухсторонний	

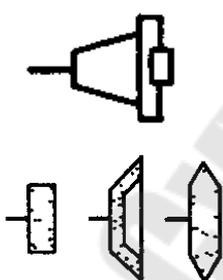
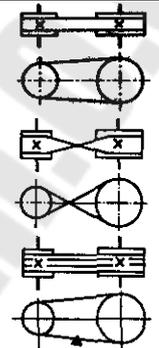
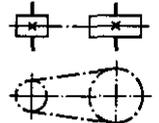
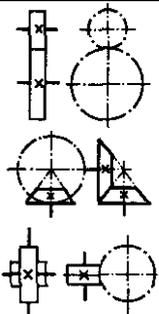
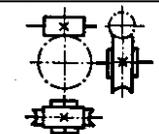
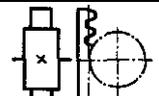
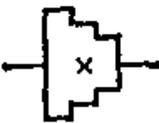
Продолжение таблицы 4.1

1	2
<p>Соединение детали с валом: свободное при вращении</p> <p>подвижное без вращения</p> <p>при помощи вытяжной шпонки</p> <p>глухое</p>	
<p>Муфта. Общее обозначение без уточнения типа.</p> <p>Муфта нерасцепляемая: глухая</p> <p>упругая</p> <p>компенсирующая</p> <p>Муфта сцепляемая: общее обозначение</p> <p>односторонняя</p> <p>двухсторонняя</p>	
<p>Муфты сцепления: кулачковая односторонняя</p> <p>кулачковая двухсторонняя</p> <p>электрическая</p> <p>конусная</p> <p>дисковая односторонняя</p> <p>дисковая двухсторонняя</p> <p>обгонная односторонняя</p>	

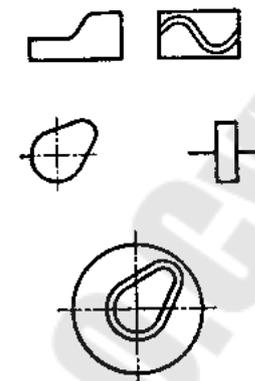
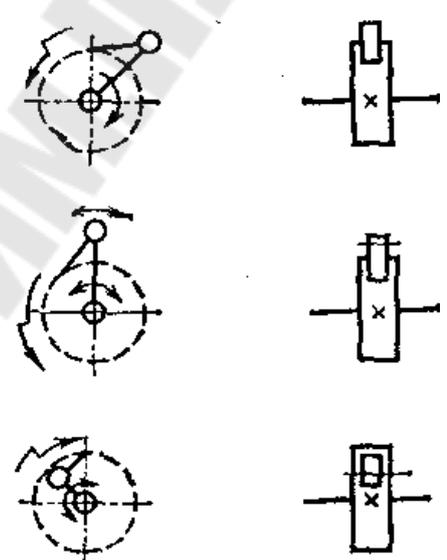
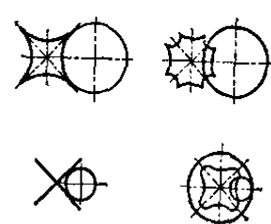
Продолжение таблицы 4.1

1	2
обгонная двухсторонняя	
Тормоза: конусный колодочный ленточный дисковый	
Электродвигатель: общее обозначение на лапках фланцевые встроенные	
Концы шпинделей станков: центровых патронных прутковых сверлильных расточных с планшайбой	

Продолжение таблицы 4.1

1	2
<p>фрезерных</p> <p>шлифовальных</p>	
<p>Ременная передача: плоским ремнём</p> <p>плоским ремнём перекрёстная</p> <p>клиновым ремнём</p>	
<p>Цепная передача</p>	
<p>Передача зубчатая: с цилиндрическими колёсами</p> <p>с коническими колёсами</p> <p>винтовая</p>	
<p>Червячная передача</p>	
<p>Передача зубчатая реечная</p>	
<p>Передача ходовым винтом с гайкой: неразъёмной</p> <p>разъёмной</p>	
<p>Шкив ступенчатый, закреплённый на валу</p>	

Продолжение таблицы 4.1

1	2
<p>Кулачки: плоские</p> <p>дисковые</p> <p>пазовые дисковые</p>	
<p>Храповые зубчатые механизмы: с наружным зацеплением односторонние</p> <p>с наружным зацеплением двухсторонние</p> <p>с внутренним зацеплением односторонние</p>	
<p>Мальтийские механизмы с радиальным расположением пазов у мальтийского креста: с наружным зацеплением</p> <p>с внутренним зацеплением</p>	

Каждая передача содержит ведущее и ведомое звенья. Ведущее звено сообщает требуемое движение ведомому звену. Основным кинематическим параметром, определяющим соотношение движений между звеньями, является передаточное число (u), которое для вращательных передач равно отношению частоты вращения ведущего вала n_1 к частоте вращения ведомого n_2 : $u = n_1/n_2$. Для понижающих передач: $u > 1$, а для повышающих: $u < 1$.

При расчёте движений также пользуются передаточными отношениями, которое можно выразить для зубчатых передач как отношение чисел зубьев колёс, для ременной передачи как отношение диаметров шкивов, а для фрикционных передач как отношение радиусов: $i = z_1/z_2 = d_1/d_2 = r_1/r_2$.

Так как чаще требуется определить частоту вращения ведомого вала при известных параметрах передач и частоте ведущего вала, то для ременных и фрикционных передач: $n_2 = (n_1 \times d_1)/d_2 = (n_1 \times r_1)/r_2$, а для зубчатых передач: $n_2 = (n_1 \times Z_1)/Z_2$.

Для изменения частоты вращения ведомого вала применяют передачи, содержащие передвижные блоки зубчатых колес. В блоке чаще всего два или три колеса, реже - четыре. Блоки применяют в качестве ведущих и ведомых звеньев.

На рисунке 4.4 показаны передачи с двух- и трехвенцовыми блоками. Двухвенцовый блок с зубчатыми колесами может перемещаться вдоль вала I и последовательно зацепляться с колесами, жестко установленными на валу II. Передаточное отношение между валами I и II: $i_1 = z_1/z_2$ и $i_2 = z_3/z_4$. При этом на валу II подвижный трехвенцовый блок с зубчатыми колесами z_5, z_7, z_9 может последовательно зацепляться с колесами z_6, z_8 и z_{10} и обеспечивать между валами II и III передаточные отношения: $i_3 = z_5/z_6, i_4 = z_7/z_8, i_5 = z_9/z_{10}$. Так как для каждого значения i между валами I и II можно получить два передаточных отношения, а между валами II и III три, то следовательно, между валами II и III посредством передвижных блоков можно получить шесть различных значений частот вращения вала III при постоянной частоте вращения вала I.

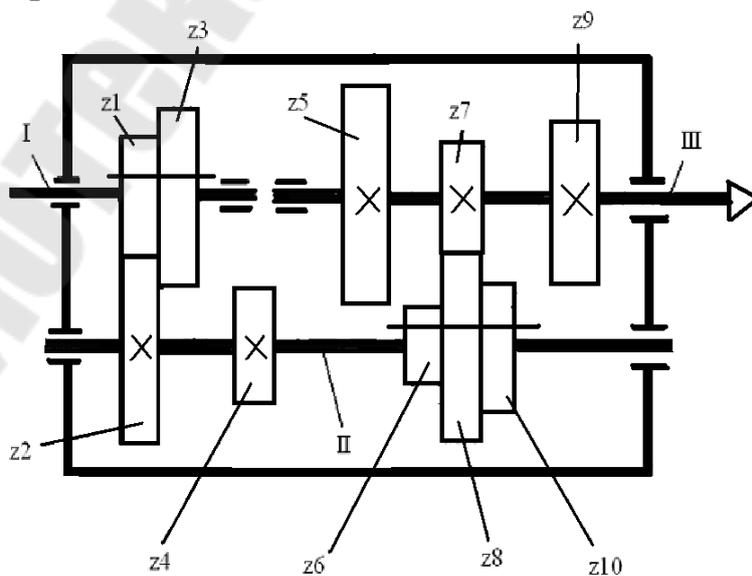


Рисунок 4.4 – Кинематическая схема коробки скоростей MPC

4.4. Графическое изображение уравнений скорости резания и подач

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

Структурная сетка дает ясное представление о структуре привода станка. По структурной сетке легко проследить связи между передаточными отношениями групповых передач (групповой передачей называют совокупность передач между двумя последовательными валами коробки скоростей или подач). Однако, сетка не дает конкретных значений этих величин. Она наглядно характеризует ряд структур в общей форме.

Структурная сетка содержит следующие данные о приводе: число групп передач, число передач в каждой группе, относительный порядок конструктивного расположения групп вдоль цепи передач, порядок кинематического включения групп, диапазон регулирования групповых передач, число частот вращения ведущего и ведомого валов групповой передачи.

График частоты вращения позволяет определить конкретные величины передаточных отношений всех передач привода и частоты вращения всех его валов. Его строят в соответствии с кинематической схемой привода.

При разработке кинематической схемы коробки скоростей или подач с вращательным главным движением, должны быть известны: число ступеней частоты вращения z шпинделя, знаменатель геометрического ряда ϕ , частоты вращения шпинделя от n_1 до n_i и частота вращения электродвигателя $n_{эд}$.

Число ступеней частоты вращения шпинделя z при наладке последовательно включенными групповыми передачами (в многоваловых коробках) равно произведению числа передач в каждой группе т.е., $z = P_a \times P_b \times P_c \dots P_k$. Например, для привода, показанного на рисунке 2.5: $z = P_a \times P_b \times P_c = 3 \times 2 \times 2 = 12$.

При заданном или выбранном числе ступеней ряда частоты вращения шпинделя число групп передач в каждой группе и порядок

расположения групп можно выбирать различными. Этот выбор в основном и определяет конструкцию коробки скоростей или подач.

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

$$Z = 4 = 2 \times 2; Z = 6 = 2 \times 3; Z = 8 = 2 \times 2 \times 2 = 4 \times 2 = 2 \times 4;$$

$$Z = 12 = 3 \times 2 \times 2 = 2 \times 3 \times 2 = 2 \times 2 \times 3 = 3 \times 4 = 4 \times 3;$$

$$Z = 16 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 4 \times 2 \times 2 = 2 \times 4 \times 2 = 2 \times 2 \times 4 = 4 \times 4;$$

$$Z = 18 = 2 \times 3 \times 3 = 3 \times 2 \times 3 = 3 \times 3 \times 2;$$

$$Z = 24 = 3 \times 2 \times 2 \times 2 = 2 \times 3 \times 2 \times 2 = 2 \times 2 \times 3 \times 2 = 2 \times 2 \times 2 \times 3 = 2 \times 3 \times 4 = 2 \times 4 \times 3 = 3 \times 2 \times 4 = 3 \times 4 \times 2 = 4 \times 2 \times 3 = 4 \times 3 \times 2.$$

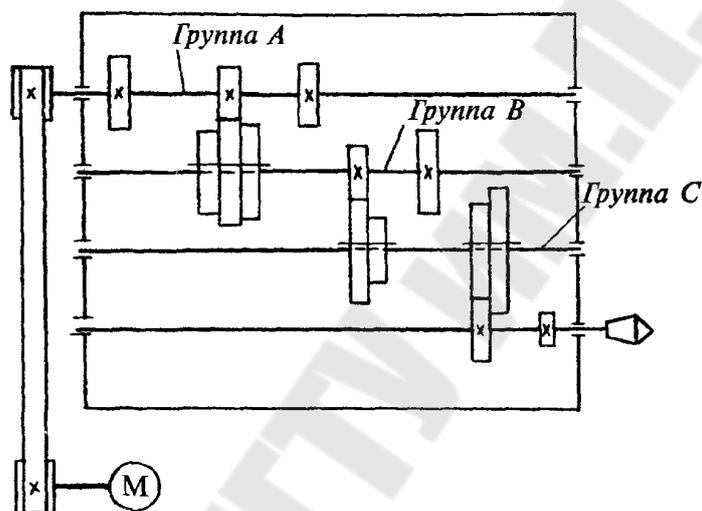


Рисунок 4.5 – Кинематическая схема двенадцатискоростной коробки скоростей

В станках с изменением вращения шпинделя по геометрическому ряду передаточное отношение передач в группах образуют геометрический ряд со знаменателем φ^x , где x - целое число, которое называют характеристикой группы. Характеристика группы равна числу ступеней скорости, кинематически предшествующих данной группе. Общее уравнение наладки групповых передач имеет следующий вид: $i_1 \times i_2 \times i_3 \dots i_p = 1 \times \varphi^x \times \varphi^{2x} \times \varphi^{(p-1)x}$

Для последовательного получения всех частот вращения шпинделя сначала переключают передачи одной группы, затем другой и т.д. Если в коробке скоростей, показанной на рисунке использовать с этой целью, прежде всего, передачи группы (а), затем группы (с) и, в последнюю очередь, группы (в), то соответственно этому порядку переключения группа (а) будет основной, группа (с) - первой переборной, группа (в) - второй переборной.

Для основной группы передач характеристика $X_0=1$; для первой

переборной группы $X_1 = P_1$, для второй переборной группы $X_2 = P_1 \times P_2$ и т.д., где P_1 и P_2 - соответственно числа передач основной и первой переборной группы.

Для конструктивного варианта привода, показанного на рисунке 4.5, и принятого порядка переключения скоростей можно записать структурную формулу: $Z=3_1 \times 2_6 \times 2_3$. В формуле цифрами в индексах обозначены характеристики групп. Основной и различными по номеру переборными группами может быть любая группа передач в приводе. Поэтому наряду с конструктивными вариантами привода возможны также различные его кинематические варианты.

Во избежание чрезвычайно больших диаметров зубчатых колес в коробках скоростей, а также для нормальной их работы, установлены следующие предельные передаточные отношения между валами при прямозубом зацеплении: $2 > i > (1/4)$; отсюда наибольший диапазон регулирования групповой передачи будет: $(i_{\max}/i_{\min})_{\text{пред}} = 2/(1/4) = 8$.

Отношение $(i_{\max}/i_{\min})_{\text{пред}}$ имеет наибольшую величину для последней переборной группы привода. Следовательно, для коробок скоростей, где X_{\max} - наибольший показатель для последней переборной группы, P - число передач в этой группе.

Для графического изображения частот вращения шпинделя станка обычно используют логарифмическую шкалу чисел.

Рассмотрим построение структурной сетки и графика частот вращения для коробки скоростей, кинематическая схема которой показана на рисунке 4.6, а. Для принятого конструктивного варианта привода возможны два варианта структурной формулы: $Z = 6 = 3_1 \times 2_3$ и $Z = 6 = 3_2 \times 2_1$. В первом случае основой группы будет первая в конструктивном отношении группа передач, а первой переборной - вторая группа передач; для второго случая наоборот.

На рисунке 4.6, б показана структурная сетка по первой структурной формуле привода. Она построена следующим образом. На равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых должно быть на единицу больше, чем число групповых передач. Также проводят ряд горизонтальных параллельных прямых с интервалом, равным логарифму (число горизонтальных прямых равно числу Z ступеней частоты вращения шпинделя). На середине первой слева вертикальной линии наносят точку O , из которой симметрично, в соответствии с числом передач в группах, по заданной структурной формуле проводят лучи, соединяющие точки на верти-

кальных линиях.

Графики частоты вращения строят в следующей последовательности (рисунок 4.6, г): на равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых равно числу валов коробки скоростей; на равном расстоянии друг от друга с интервалами проводят горизонтальные линии, которым присваивают (снизу вверх) порядковые номера частот вращения, начиная с n_1 . Луч, проведенный между вертикальными линиями, обозначает передачу между двумя валами с передаточным отношением. Дальнейшее построение ведем, используя принятый вариант структурной сетки. Построенный график частоты вращения позволяет определить передаточные отношения всех передач коробки. По найденным передаточным отношениям определяют числа зубьев зубчатых колес.

Аналогично описанному выше построению структурной сетки и графика частот можно построить структурную сетку и график частот той же коробки скоростей (рисунок 4.6, а), но по другому варианту структурной формулы: $Z = 6 = 3_2 \times 2_1$ (рисунок 4.6, в и д).

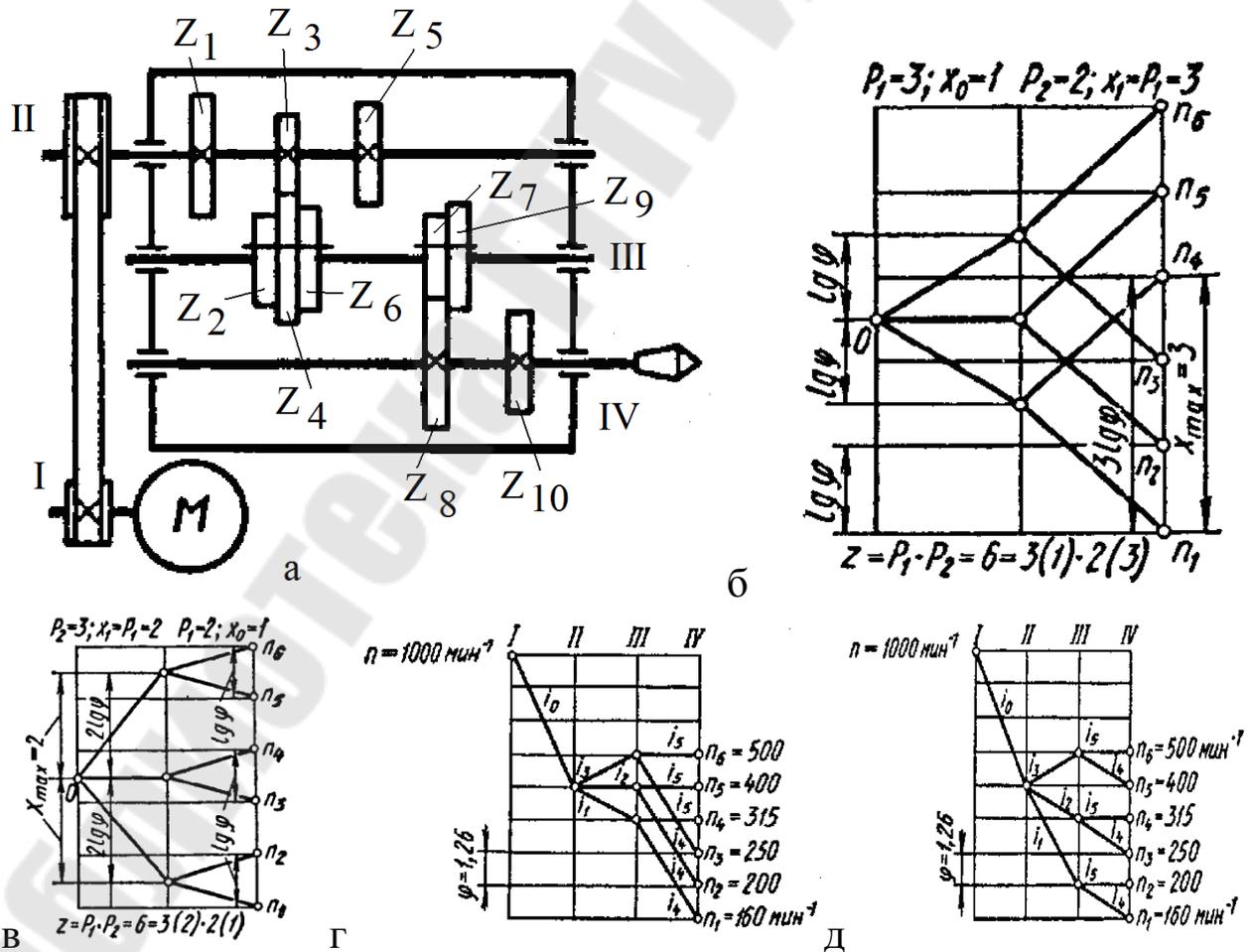


Рисунок 4.6 – Кинематическая схема, структурные сетки и графики частот вращения коробки скоростей на шесть ступеней

4.5. Кинематические связи в МРС

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 (рисунок 4.7, 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 (рисунок 4.7, б) — это связь между подвижным исполнительным звеном (шпинделем 1) и источником движения (электродвигателем 3). Связь осуществляется несколькими звеньями, и при помощи органа настройки i_v 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 подач. В структурных кинематических схемах станков промежуточные звенья кинематических связей будем условно изображать штриховой линией, а органы настройки — ромбом, как это сделано на рисунке 4.7, в.

На рисунке 4.8, а показана внутренняя связь, а на рисунке 4.8, б — структурная схема токарного станка с резьбонарезной цепью. В этом станке сложное исполнительное движение по винтовой линии, состоящее из двух простых движений — вращательного (шпинделя) v

и прямолинейного (суппорта) s , осуществляется двумя кинематическими связями, которые настраиваются органом настройки i_s .

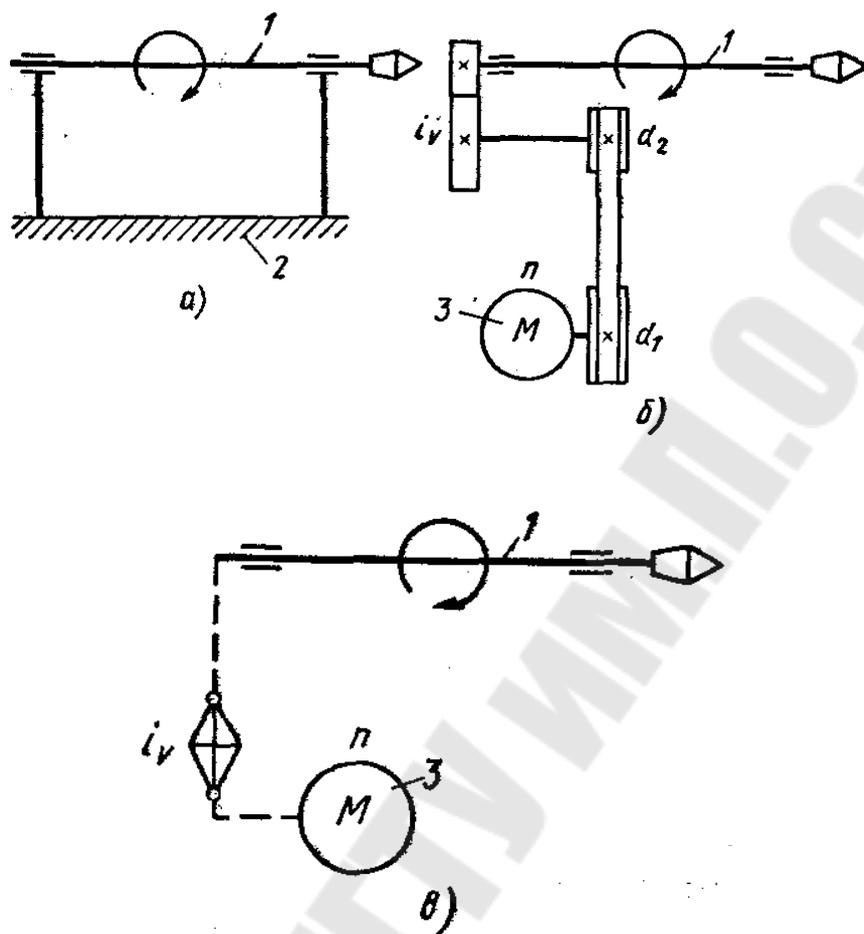


Рисунок 4.7 – Кинематические связи при простых исполнительных движениях

На рисунке 4.8, 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) — i 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) v 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_v . Обе кинематические связи составляют одну кинематическую группу.

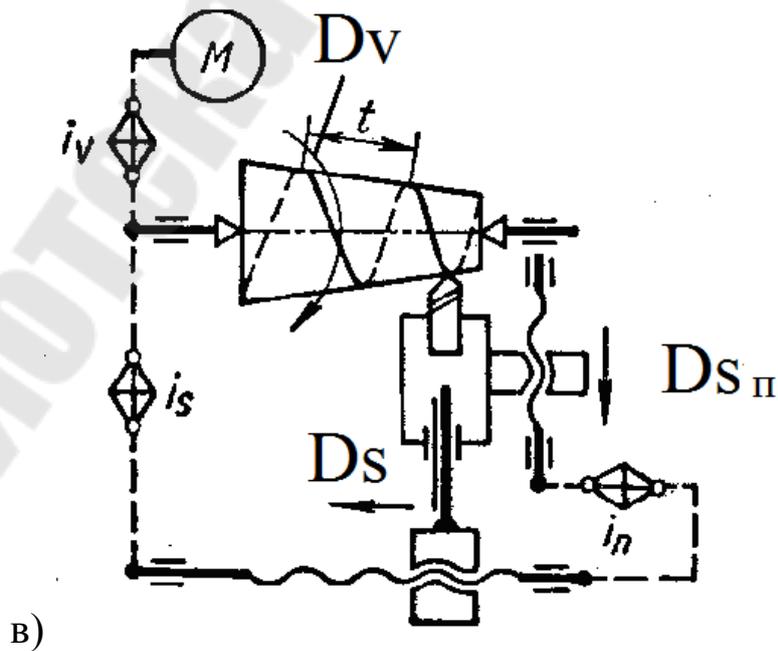
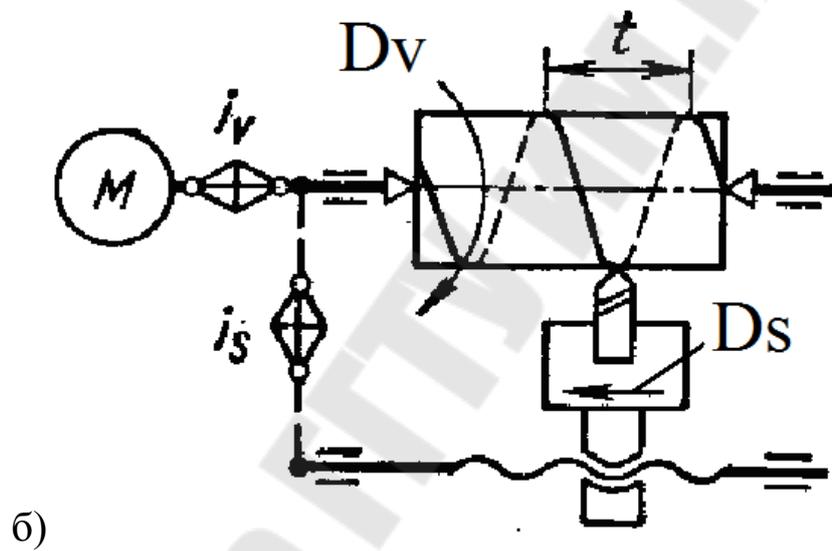
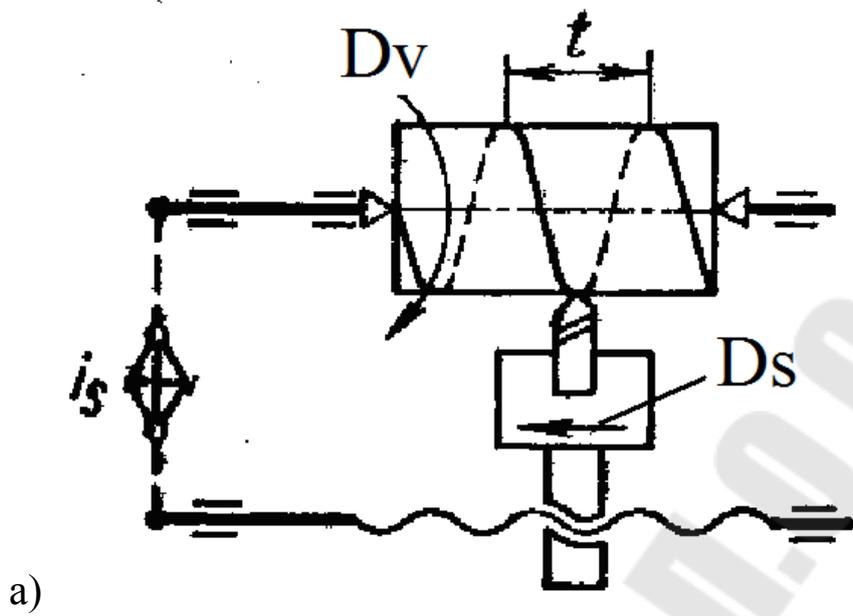


Рисунок 4.8 – Кинематические связи при сложных исполнительных движениях

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 рисунке 4.9 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. п.) и кинематические связи их как между собой, так и с источником движения (электродвигателем).

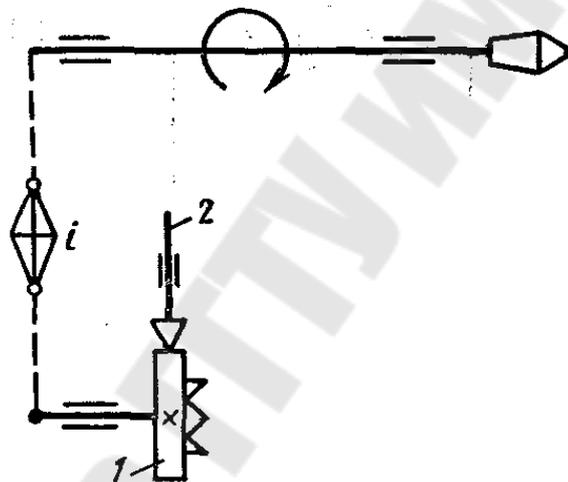


Рисунок 4.9 – Структурная схема цепи деления

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.

Например, гидравлические приводы широко применяют в современных станках. Обеспечивая бесступенчатое регулирование скоростей, автоматическую защиту от перегрузки станка 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.

4.6. Общая методика наладки МРС

Для большинства металлорежущих станков независимо от их сложности методика наладки одинакова. Она заключается в сообщении исполнительным органам станка согласованных друг с другом движений для изготовления деталей. Процесс наладки станка требует расчёта передаточных отношений органа наладки скоростей для получения заданной частоты вращения шпинделя и передаточных отношений органов наладки цепей для осуществления необходимых подач.

Для этих целей намечают расчетные кинематические цепи, составляют расчетные перемещения конечных звеньев этих цепей и уравнения кинематического баланса, из которых выводят формулы наладки цепей.

Уравнением кинематического баланса называют уравнение, связывающее расчетные перемещения конечных звеньев кинематической цепи. Это уравнение служит основой для определения передаточных отношений органа наладки.

Конечные звенья могут иметь как вращательное, так и прямолинейное движение.

Если оба конечных звена вращаются, то расчетные перемещения этих звеньев условно записывают следующим образом: $n_n \rightarrow n_k$. Стрелка в этой записи заменяет слово «соответствует».

По этим расчетным перемещениям составляют уравнения кинематического баланса данных кинематических цепей:

$$n_n \times i_{\text{пост}} \times i_x = n_k,$$

где n_k - частота вращения в минуту конечного звена органа наладки; n_n - частота вращения в минуту начального звена органа наладки; $i_{\text{пост}}$ - постоянное передаточное отношение органа наладки; i_x - искомое передаточное отношение органа наладки.

Решая уравнения кинематического баланса относительно i_x , получим формулы наладки рассматриваемых кинематических цепей:

$$i_x = n_k / (n_n \times i_{\text{пост}}).$$

Если одно из конечных звеньев в кинематической цепи имеет вращательное движение, а другое - прямолинейное, то при подаче, выраженной в миллиметрах на один оборот начального звена, расчетные перемещения можно записать: 1 оборот начального звена $\rightarrow S$ мм перемещения конечного звена.

Уравнение кинематического баланса будет иметь вид:

$$1 \text{ оборот начального звена} \times i_{\text{пост}} \times i_x = S,$$

где S - перемещение кинематической пары, преобразующей вращательное движение в прямолинейное.

Решая уравнения кинематического баланса относительно i , получим формулы наладки рассматриваемых кинематических цепей:

$$i_x = S / (1 \text{ оборот начального звена} \times i_{\text{пост}}).$$

Если одно из конечных звеньев в кинематической цепи имеет вращательное движение, а другое - прямолинейное, то при подаче, выраженной в миллиметрах в минуту, расчетные перемещения можно записать: $n_n \rightarrow S$ мм/мин перемещения конечного звена.

Уравнение кинематического баланса будет иметь вид:

$$n_n \times i_{\text{пост}} \times i_x = S,$$

где S - перемещение кинематической пары, преобразующей вращательное движение в прямолинейное.

Решая уравнения кинематического баланса относительно i_x , получим формулы наладки рассматриваемых кинематических цепей:

$$i_x = S / (n_n \times i_{\text{пост}}).$$

При наладке станков в общем случае необходимо:

1. По технологическому процессу изготовления детали установить характер всех движений в станке и их взаимосвязь.
2. Определить все кинематические цепи, по которым будут осуществляться необходимые движения для обработки поверхностей детали.
3. Составить соответствующие уравнения кинематических цепей, связывающих попарно рабочие органы станка для реализации каждого движения.
4. По составленным уравнениям определить передаточные отношения органов настройки МРС.
5. По полученным передаточным отношениям вычислить и подобрать сменные зубчатые колеса и т.п.

5. МЕХАНИЗМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

5.1. Механизмы бесступенчатого изменения скорости

Для достижения максимальной производительности станка и удобства его обслуживания в станкостроении находят применение различного вида приводы и механизмы для бесступенчатого изменения скорости. Последние бывают механического (вариаторы), электрического и гидравлического типов.

Вариатор с раздвижными конусами. Этот тип вариатора (рисунок 5.1) выполняется с различным видом связи. В качестве связи применяются стандартные или специальные клиновые ремни, специальная цепь или стальное кольцо трапецевидного сечения. Плавное изменение скорости выходного шкива в диапазоне 4—8 достигается путем одновременного раздвигания одной и сближения другой пары конусов. При этом изменяются диаметры рабочей части ведущих и ведомых конусов. Передаточное отношение вариатора определяется как отношение радиусов шкивов: от минимального $n_{\min} = R_{\min}/R_{\max}$, до максимального $n_{\max} = R_{\max}/R_{\min}$.

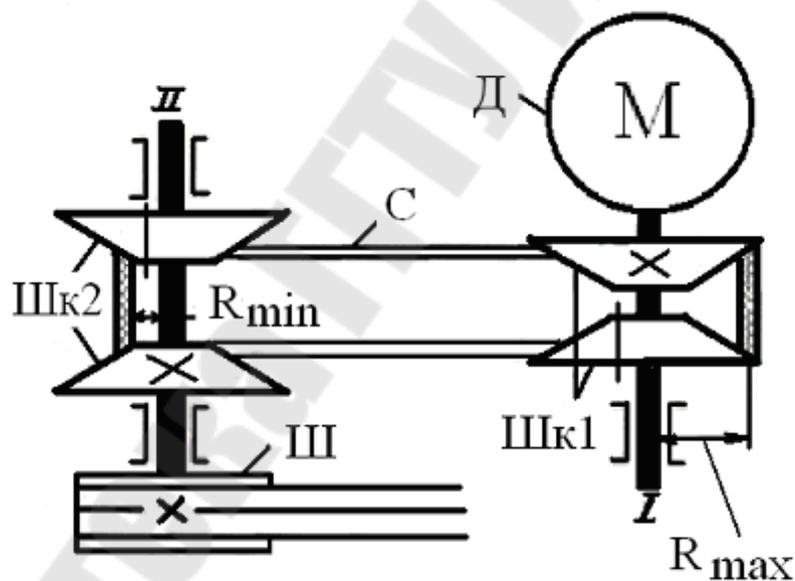


Рисунок 5.1 – Схема вариатора с раздвижными конусами

Сдвоенный торцовый вариатор. В приводах вспомогательных движений применяются одинарные или сдвоенные (рисунок 5.2) торцовые вариаторы. Движение от вала I через диск подвижной ролик и диск передается валу III. Бесступенчатое изменение скорости вращения вала III в диапазоне 20—25 и выше достигается за счет перемещения ролика вдоль вала II.

Тороидный вариатор. Этот вариатор (рисунок 5.3) имеет следующий принцип работы. На валу свободно насажены тороидные шкивы — ведущий и ведомый, связанные между собой сферическими

дисками. Последние свободно вращаются на поворотных цапфах. При указанном на рисунке 5.3 положении сферических дисков вращение от ведущего тороидного шкива на ведомый передается с большего диаметра D_{max} меньшему диаметру D_{min} . При повороте цапф со сферическими дисками в положение, указанное на рисунке 5.3 штрихами, вращение будет передаваться с меньшего диаметра ведущего шкива большему диаметру ведомого шкива. Бесступенчатое изменение скорости вращения шкива достигается поворотом цапф со сферическими дисками.

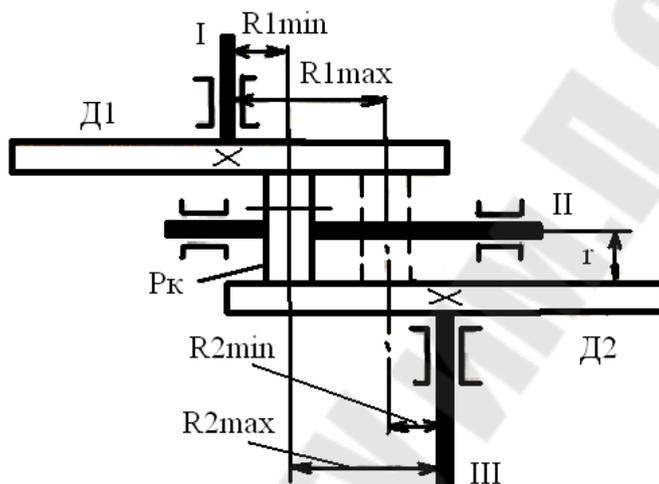


Рисунок 5.2 – Схема вариатора сдвоенного торцевого

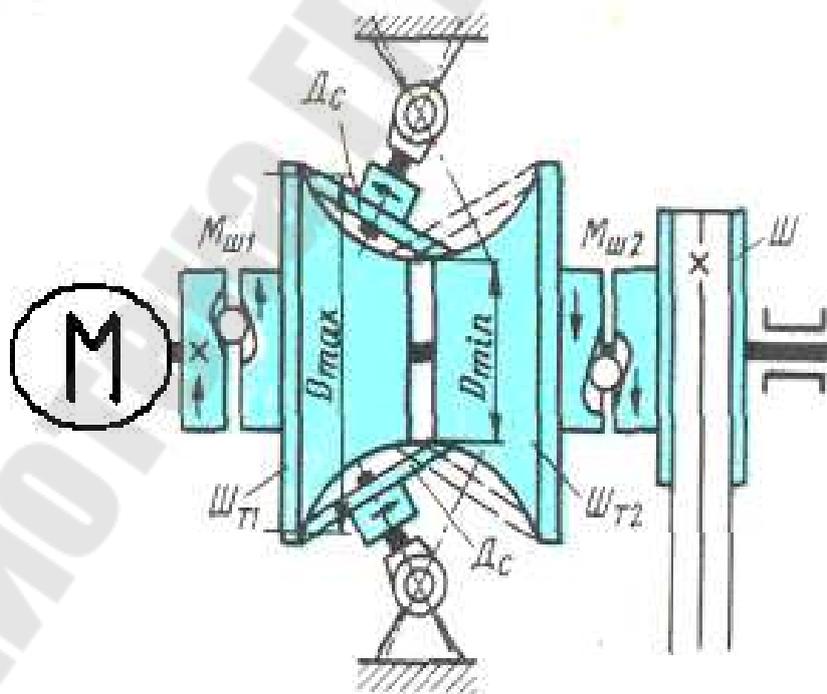


Рисунок 5.3 – Схема вариатора тороидного

Вариатор с наружным и внутренним коническими шкивами. Движение от вала I (рисунок 5.4) через наружный конический шкив и шкив внутренней конической поверхности передается валу II и да-

лее через передачу $z_1 — z_2$ валу III. Вал I совместно со шкивом может перемещаться вдоль образующей своего конуса, благодаря чему рабочий радиус шкива изменяется от R_{1min} до R_{1max} . При этом передаточное отношение вариатора изменяется в диапазоне 3—4.

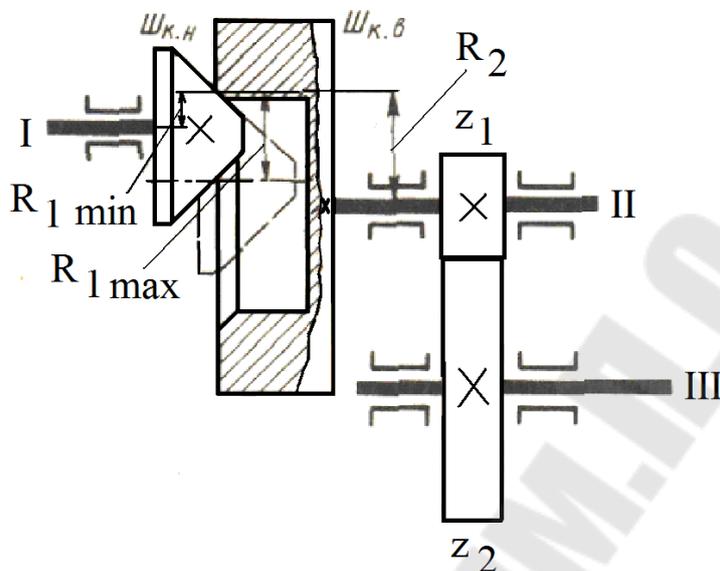


Рисунок 5.4 – Схема вариатора с наружным и внутренним коническими шкивами

Торцовконический вариатор. В этом вариаторе (рисунок 5.5) вал I с коническим шкивом находится в постоянном контакте с торцевой поверхностью диска Д, который передает вращение валу II и через коническую передачу $z_1—z_2$ ведомому валу III. Для бесступенчатого изменения скорости вращения вала III предусмотрена возможность перемещения вала I с коническим шкивом вдоль его образующей, что позволяет изменять рабочий радиус конического шкива от R_{min} до R_{max} .

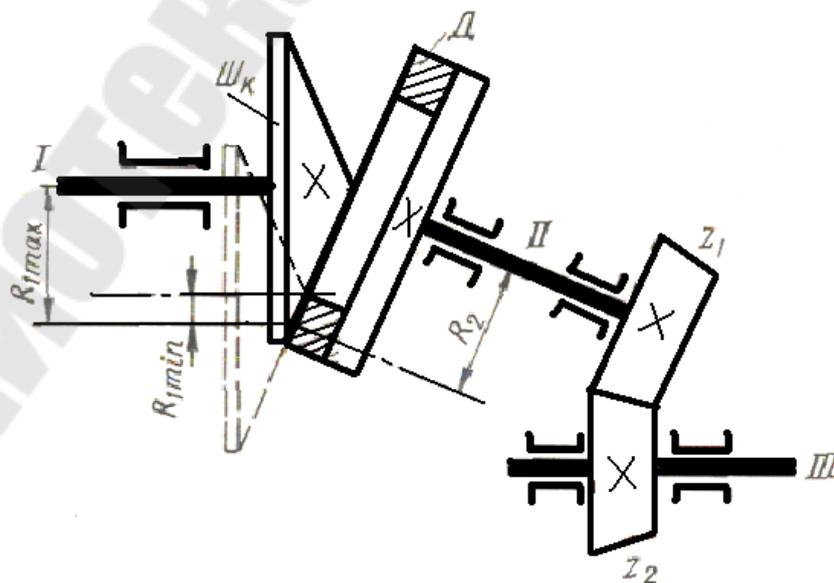


Рисунок 5.5 – Схема торцовконического вариатора

Сфероконический вариатор. Отличительным признаком этого вариатора (рисунок 5.6) является применение шкива со сферической рабочей поверхностью, которая имеет контакт с конической поверхностью шкива. При изменении угла наклона оси электродвигателя со сферическим шкивом изменяются рабочие радиусы как сферического, так и конического шкивов, что обеспечивает более широкий диапазон изменения передаточного отношения вариатора в пределах 9–16.

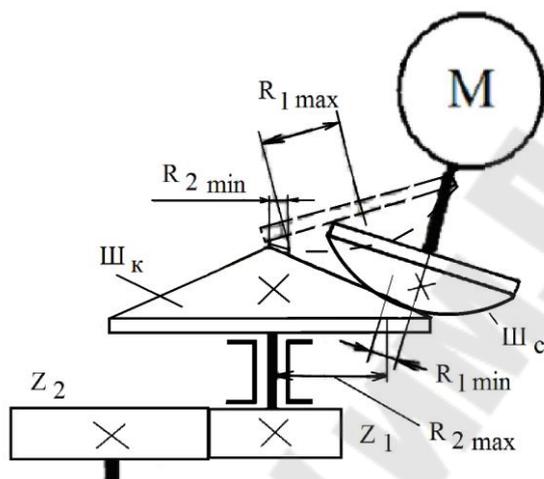


Рисунок 5.6 – Схема сфероконического вариатора

Генератор-двигатель. Система генератор-двигатель (рисунок 5.7) состоит из асинхронного электродвигателя, генератора, возбuditеля и рабочего электродвигателя постоянного тока. Возбудитель представляет собой маломощный генератор с самовозбуждением, который предназначен для питания обмотки возбуждения ОВГ генератора Г и обмотки возбуждения ОВД электродвигателя Д. Диапазон изменения скорости равен 10—16.

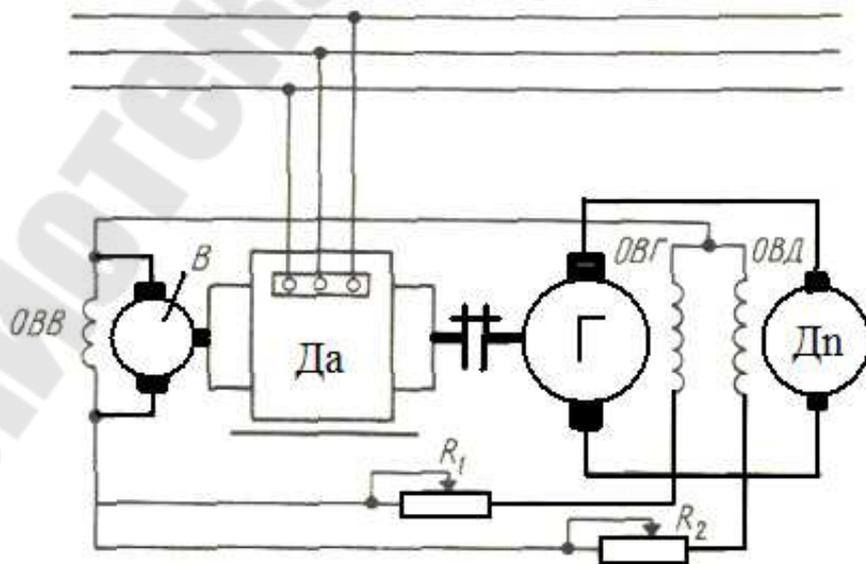


Рисунок 5.7 – Схема генератор-двигатель

Электромашинный усилитель. В станкостроении нашли также широкое применение системы электромашинного управления. За счет изменения сопротивления R_1 (рисунок 5.8) в обмотке 1ЭМУ можно менять, величину и направление тока. На обмотку 2ЭМУ подается питание с тахогенератора Γ_T , установленного на валу электродвигателя D . Таким образом, в цепи создается напряжение пропорциональное разности потоков в обмотках возбуждения 1ЭМУ и 2ЭМУ. Это напряжение подается на обмотку возбуждения ОВГ генератора. ЭМУ обеспечивает возможность бесступенчатого изменения скорости движения рабочих органов станков в широком диапазоне (400—1000).

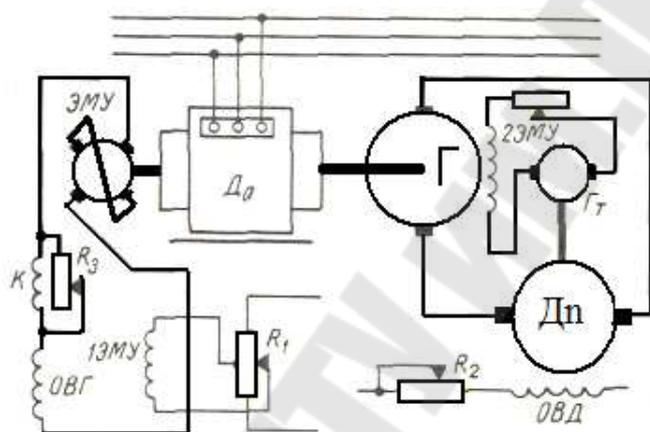


Рисунок 5.8 – Схема электромашинного усилителя

Гидравлические приводы. Асинхронный электродвигатель переменного тока D , (рисунок 5.9), соединен с гидравлическим насосом H_p . Последний подает масло в гидравлический двигатель M_p , соединенный с рабочими органами станка. Бесступенчатое изменение скорости осуществляется за счет изменения количества масла как подаваемого насосом, так и потребляемого гидравлическим двигателем на каждый его оборот.

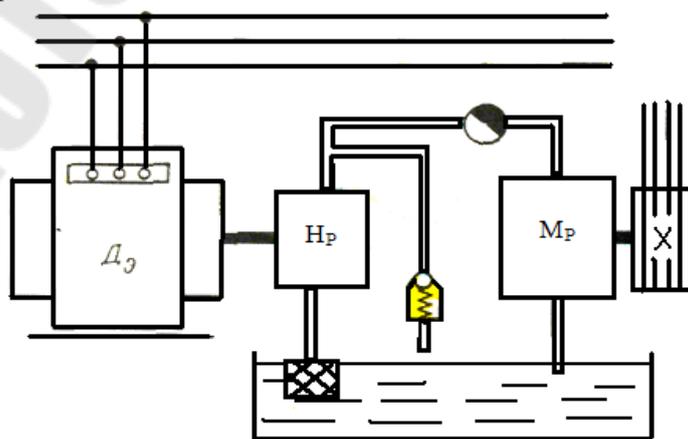


Рисунок 5.9 – Схема гидравлического привода

5.2. Механизмы ступенчатого изменения скорости

В зависимости от назначения станка, требуемого диапазона регулирования, величины передаваемых нагрузок и других условий работы в приводах металлорежущих станков используются различные механизмы для ступенчатого изменения скорости.

Многоскоростные электродвигатели. В современных конструкциях металлорежущих станков довольно часто встречаются двух-, трех- и даже четырехскоростные асинхронные электродвигатели (рисунок 5.10). Двухскоростные электродвигатели выпускают с числом оборотов 3000/1500 или 1500/750, трехскоростные — с числом оборотов 3000/1500/1000 и четырехскоростные — с числом оборотов 3000/1500/1000/750.

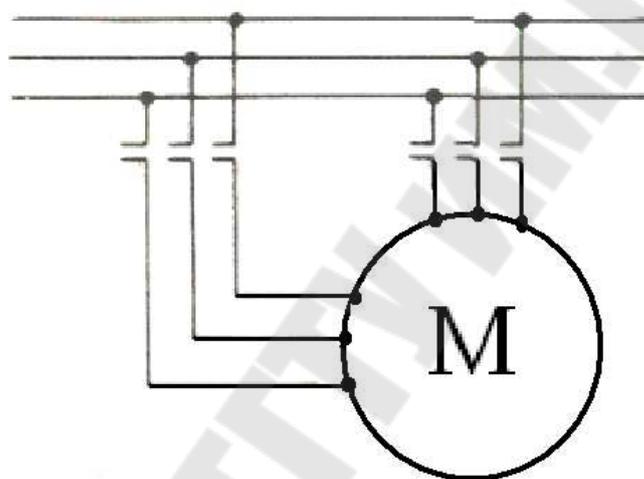


Рисунок 5.10 – Схема многоскоростного электродвигателя

Ступенчатые шкивы (рисунок 5.11). Изменение скорости с помощью ступенчатых шкивов достигается перестановкой ремня с одной ступени на другую. Для того чтобы ремень без специального натяжного устройства мог передавать крутящий момент на любой из имеющихся скоростей, сумму диаметров сопряженных шкивов делают постоянной на всех ступенях.

Передаточное отношение сменных шкивов, показанных на рисунке 5.11, можно определить:

$$i = \frac{D_1}{D_5} = \frac{D_2}{D_6} = \frac{D_3}{D_7} = \frac{D_4}{D_8}.$$

Парносменные колеса. В станках для массового и крупносерийного производства, а также в специализированных станках для изменения скорости движения используются парносменные колеса А и В (рисунок 5.12). В зависимости от желаемого количества скоростей к станку прилагается комплект сменных колес, пользуясь ко-

торыми получают геометрический ряд чисел оборотов шпинделя. Количество возможных скоростей равно количеству сменных колес. Передаточное отношение пары колёс определяется отношением:

$$i = \frac{A}{B}.$$

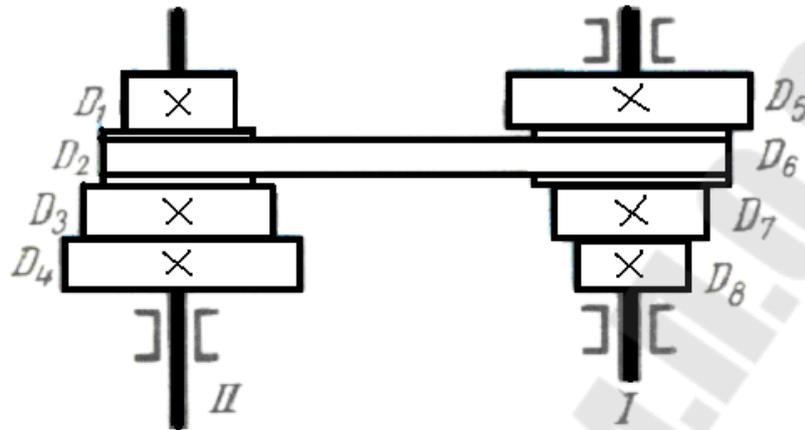


Рисунок 5.11 – Кинематическая схема передачи со ступенчатыми шкивами

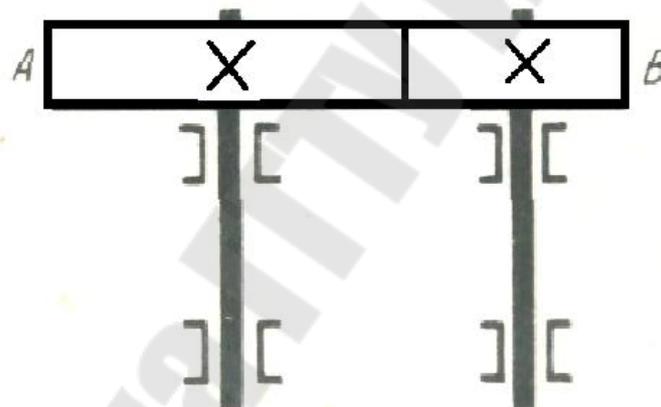


Рисунок 5.12 – Схема парносменных зубчатых колёс

Шестеренные коробки скоростей и подачи. Коробки применяются как самостоятельные узлы в станках с разделенным приводом и как составная часть шпиндельной бабки или механизма подачи (встроенные коробки). Последние имеют большее применение в станках вследствие их компактности, меньшей стоимости и удобства передачи вращения рабочим органам станка.

Изменение скорости вращения ведомого вала шестеренных коробок достигается за счет включения в работу той или иной комбинации шестерен. В коробках скоростей применяются различные способы включения зубчатых колес в работу:

- передвижением блоков шестерен вдоль оси валов (рисунок 5.13, а, б, в);

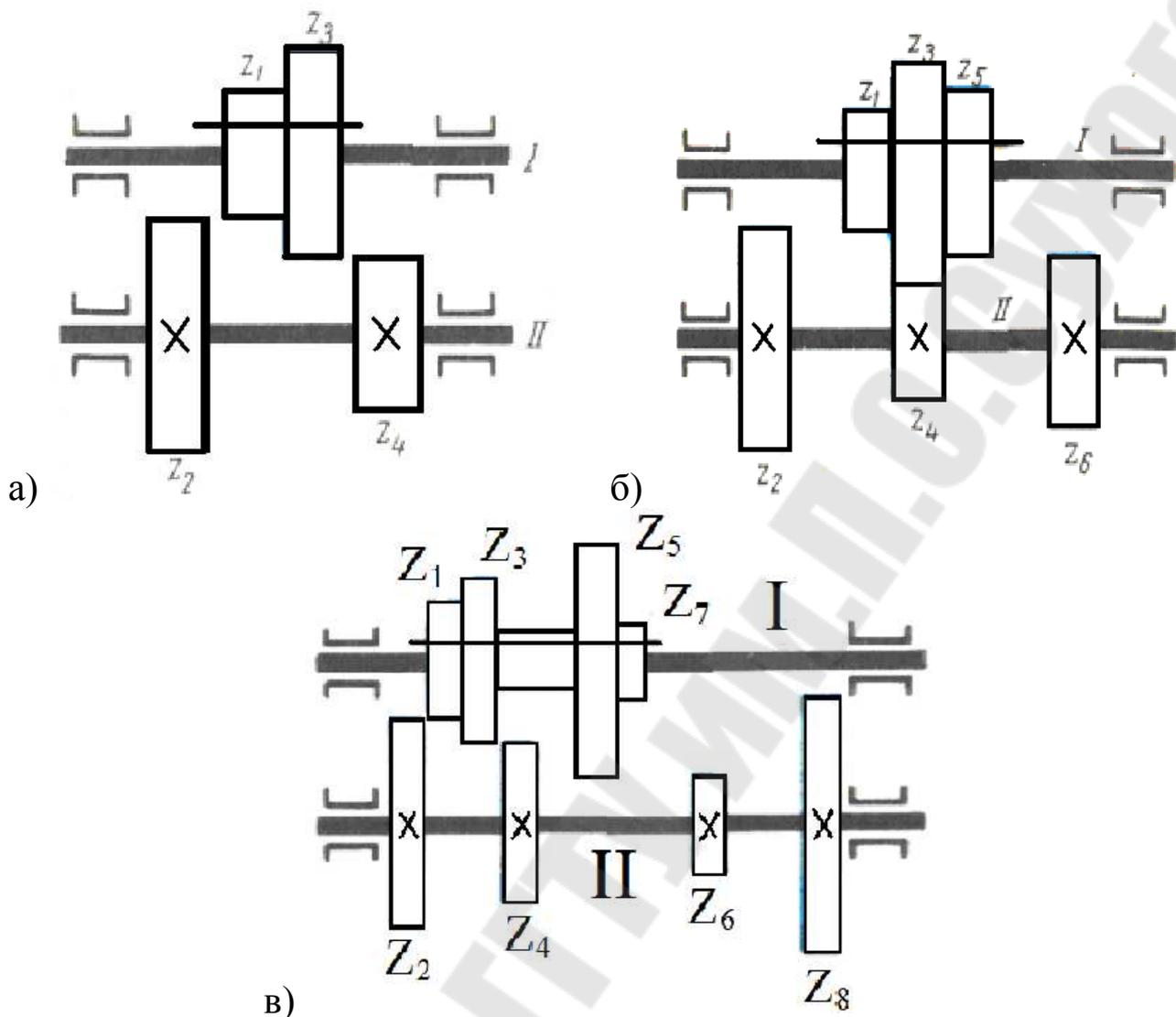


Рисунок 5.13 – Схема передвижных блоков шестерен:
 а—двухступенчатый; б – трёхступенчатый; в – четырёхступенчатый
 - кулачковыми муфтами M_k (рисунок 5.14, а и б);

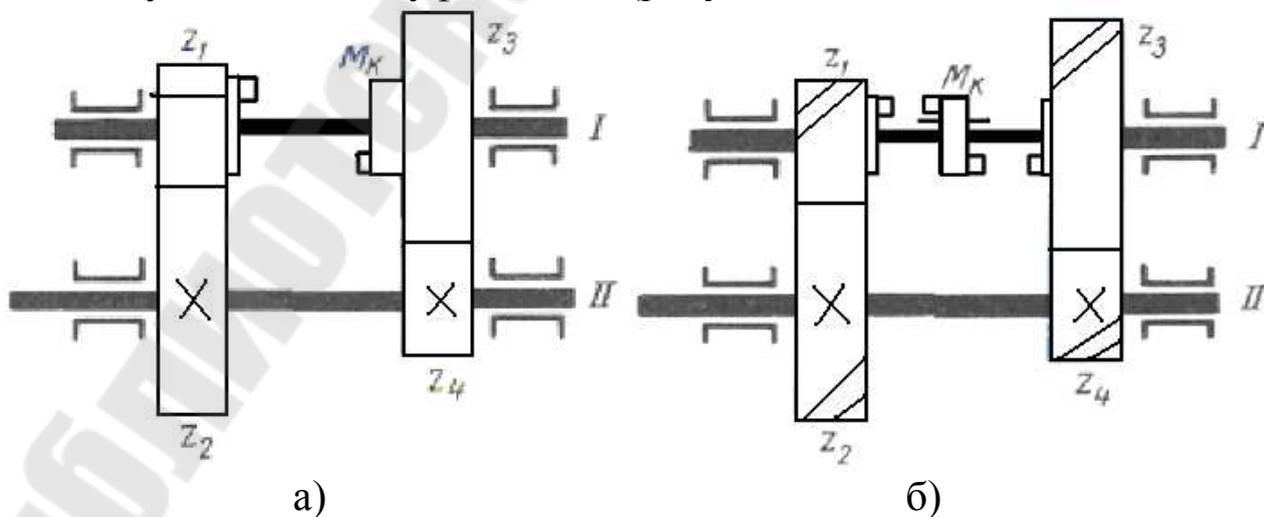


Рисунок 5.14 – Схема шестерёнчатых коробок скоростей с кулачковыми муфтами: а – с односторонней муфтой; б – с двухсторонней муфтой

- фрикционными муфтами Мф (рисунок 5.15);

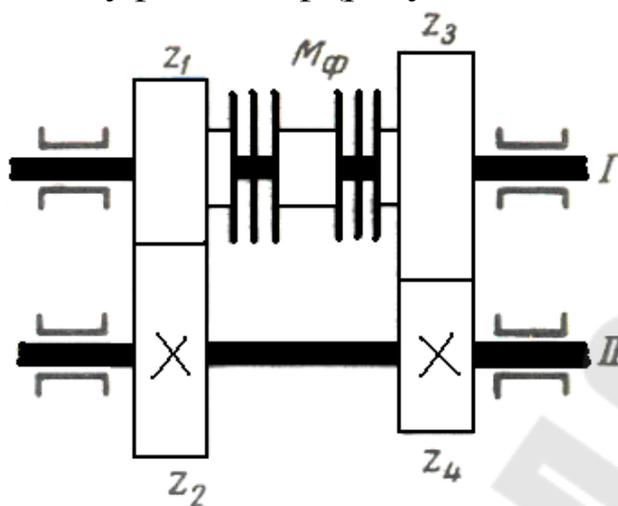
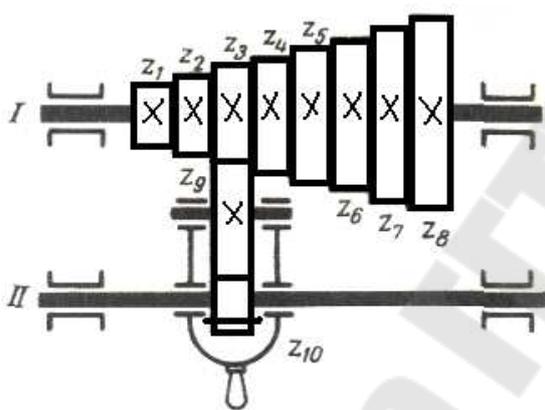
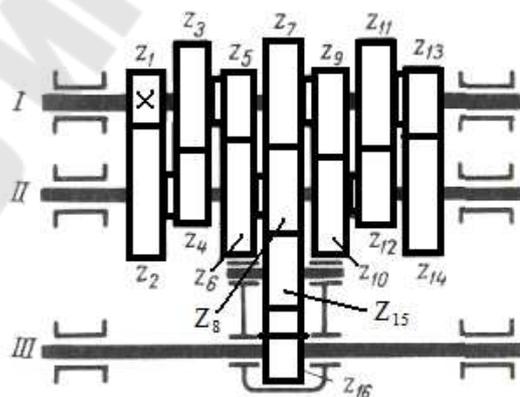


Рисунок 5.15 – Схема шестерёнчатой коробки скоростей с фрикционной муфтой

- накидыванием шестерни (рисунок 5.16, а и б);



а)



б)

Рисунок 5.16 – Схема шестерёнчатой коробки передач с перекидными шестернями

- выдвигной шпонкой (рисунок 5.17);

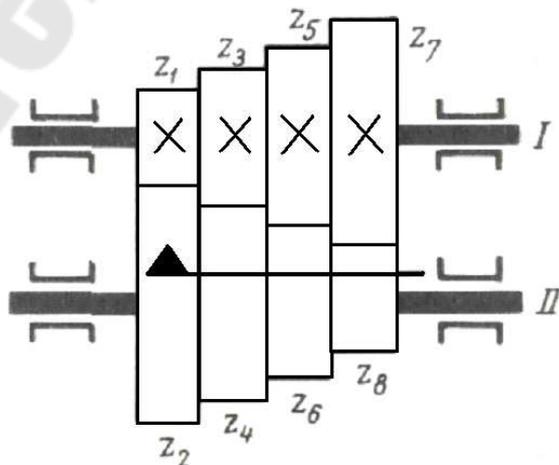


Рисунок 5.17 – Схема шестерёнчатой коробка передач с выдвигной шпонкой

- передвижной зубчатой шестерней (рисунок 5.18).

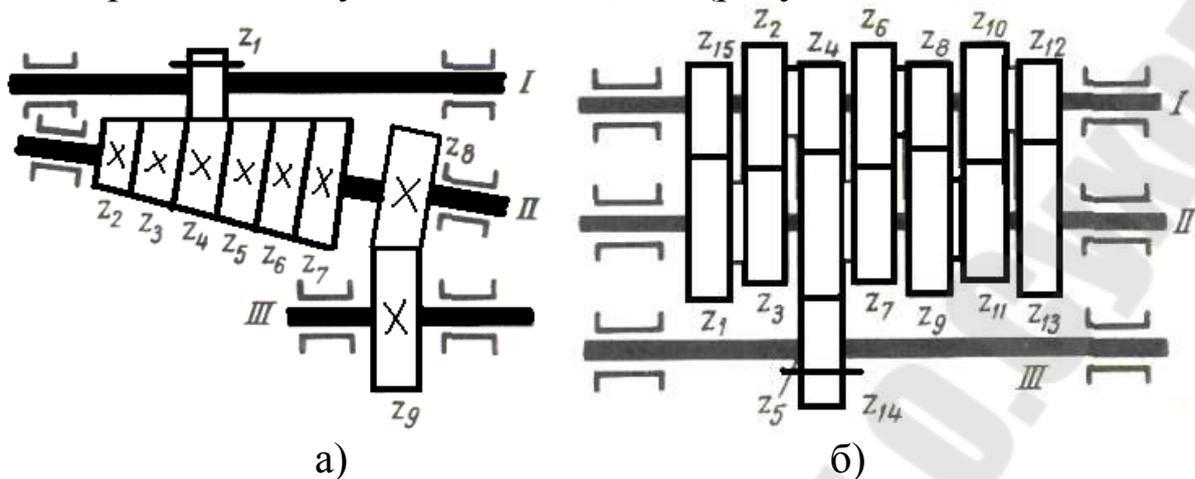


Рисунок 5.18 – Схема коробок передач с передвижной зубчатой шестерней

Каждый из указанных способов переключения скоростей коробок обладает своими достоинствами и недостатками.

Коробки скоростей с кулачковыми и фрикционными муфтами позволяют использовать зубчатые колеса с косыми и шевронными зубьями, обеспечивающими при прочих равных условиях большую прочность и долговечность, а также бесшумность в работе.

Однако пониженный к.п.д. делает их менее пригодным для быстроходных приводов. Коробки скоростей с накидными шестернями, выдвигной шпонкой и множительного типа, в силу недостаточной их прочности и низкого к.п.д., применяются исключительно в механизмах подачи и вспомогательных движений.

Для изменения скорости движения резания и подачи почти всегда используют не один тип коробки, а определенную комбинацию из типовых механизмов, являющуюся для данного привода станка наиболее оптимальной. Так, например, для специализированных и операционных станков используются парносменные колеса в сочетании с двух- или трехскоростной коробкой. Коробки передач токарно-винторезных станков обычно состоят из механизма с конусом шестерен и множительного механизма. В коробках скоростей приводов движения резания обычно встречаются комбинации из механизмов с подвижными блоками шестерен, кулачковыми и фрикционными муфтами, переборными устройствами и т. д.

Переборные устройства (рисунок 5.19). В некоторых конструкциях станков ступенчато-шквивные приводы обычно снабжались переборками, которые увеличивали количество скоростей и позволяли передавать шпинделю больший крутящий момент. В дальнейшем, в

связи с применением шестеренных коробок скоростей, переборные устройства прежней конструкции потеряли свое значение. Однако в настоящее время вследствие повышения быстроходности станков и использования, так называемых разделенных приводов (когда коробка скоростей монтируется отдельно от шпиндельного узла) переборные устройства вновь находят себе применение. Перебор позволяет вдвое увеличить количество скоростей шпинделя и понизить его число оборотов до 16 раз.

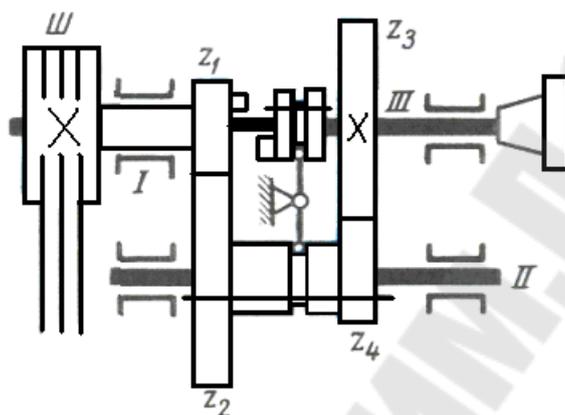


Рисунок 5.19 – Схема шестеренчатой коробки скоростей с перебором

Гитара сменных колес. В тех случаях, когда необходимо обеспечить изменение скорости в широком диапазоне с большим количеством скоростей и при точном передаточном отношении, используют гитару сменных колес (рисунок 5.20). Особенно широкое применение этот механизм нашел в приводах делительных цепей и обкатки, реже он встречается в приводах подачи. Передаточное отношение для каждой настройки привода определяется соотношением чисел зубьев сменных колес. К станкам, имеющим гитару, прилагаются наборы сменных колес. Наборы бывают пятковые, четные и универсальные. В пятковом наборе числа зубьев сменных колес от 20 до 100 чередуются через 5, в четном наборе — через 4 зуба.

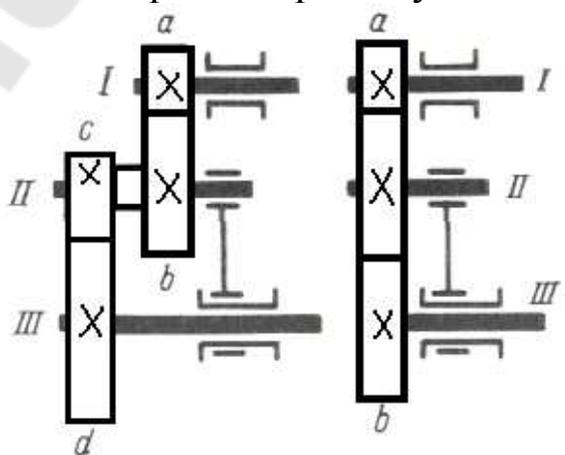


Рисунок 5.20 – Схема коробки подачи в виде гитар сменных колёс

5.3. Типовые механизмы для реверсирования движения

Большинство рабочих органов станков в процессе их работы должны изменять направление своего движения. Для этой цели служат различные виды реверсивных механизмов.

Реверсирование электродвигателем. Если допускается реверсирование всей цепи привода, то изменение направления движения рабочего органа может быть осуществлено реверсированием вращения ротора электродвигателя. Для асинхронного электродвигателя трехфазного тока в этом случае достаточно поменять местами две фазы (рисунок 5.21, а), а для реверсирования электродвигателя постоянного тока изменить полярность тока (рисунок 5.21, б).

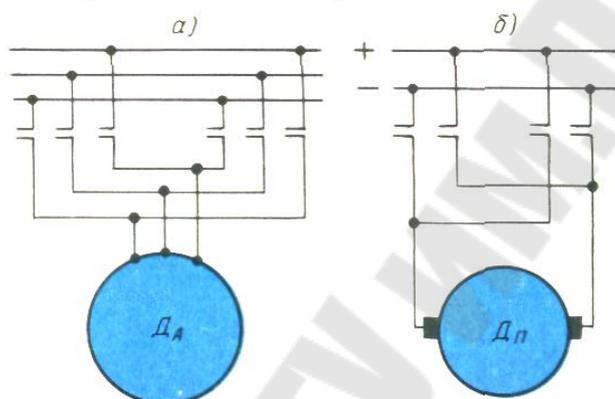


Рисунок 5.21 – Схема реверсивного электродвигателя

Реверс с двумя паразитными колесами. Этот реверс (рисунок 5.22) представляет собой механизм, состоящий из четырех цилиндрических колес, смонтированных в подвижной рамке Р, которая может находиться в трех положениях. В первом положении (рисунок 5.22, а) вращение от ведущего колеса z_1 к ведомому колесу z_4 передается через паразитные колеса z_2 и z_3 и поэтому колесо z_4 вращается в направлении, противоположном направлению вращения колеса z_1 . Во втором положении (рисунок 5.22, б) ведущее колесо z_1 не зацепляется ни с одним из паразитных колес и поэтому ведомое колесо z_4 не вращается. В положении (рисунок 5.22, в) паразитное колесо z_3 непосредственно входит в зацепление с ведущим колесом z_1 , а колесо z_2 вращается вхолостую, не принимая участия в передаче движения. В этом случае ведущее и ведомое колеса вращаются в одну и ту же сторону.

Реверс с составным зубчатым колесом. В современных зуборезных станках для нарезания конических зубчатых колес с круговыми зубьями реверсирование обкатной люльки обеспечивается механизмом, имеющим составное зубчатое колесо z_5 (рисунок 5.23). При

вращении шестерни z_1 в одном направлении движение посредством вала I и конической передачи $z_2—z_3$ передается приводному колесу z_4 , которое также имеет постоянное направление вращения. При зацеплении колеса z_4 с сектором внутреннего зацепления составного колеса z_5 последнее получает вращение в одном направлении; далее при проходе колеса z_4 через зацепление с одним из соединяющих участков составного колеса происходит процесс реверсирования; при зацеплении колеса z_4 с сектором внешнего зацепления составного колеса последнее вращается в противоположную сторону. Для обеспечения возможности зацепления колеса z_4 со всеми участками составного зубчатого колеса z_5 , вал II с кареткой К, несущей на себе коническую передачу $z_2—z_3$ и колесо z_4 , может перемещаться в радиальном направлении.

Реверс с одним паразитным колесом. Этот механизм конструктивно выполняется в различных вариантах (рисунок 5.24). Однако принцип его работы остается неизменным. В одном случае вращение от ведущего вала I к ведомому валу III передается зубчатыми колесами через паразитную шестерню и тогда направления вращения обоих валов совпадают, или вращение передается непосредственно — без участия паразитного колеса и тогда направление вращения ведущего и ведомого валов будет различным.

Реверс с одним паразитным колесом и двусторонней кулачковой муфтой (рисунок 5.24, а) характерен тем, что все его цилиндрические зубчатые колеса могут быть выполнены как с прямыми, косыми, так и с шевронными зубьями. При включении кулачковой муфты M_k влево ведущий и ведомый валы имеют одинаковое направление вращения, при включении муфты M_k вправо — разные.

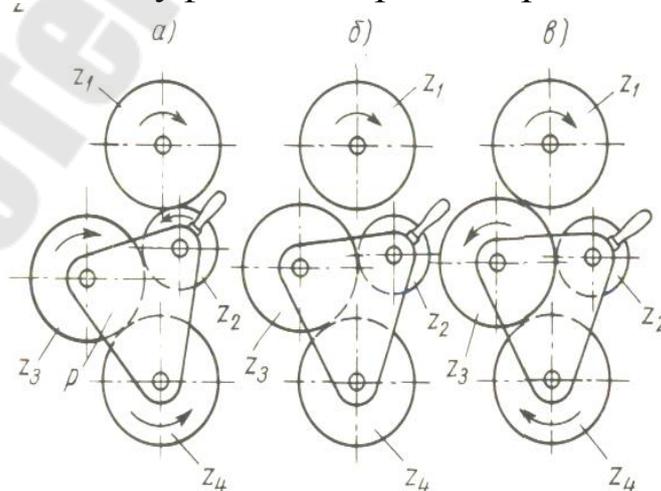


Рисунок 5.22 – Схема реверса с двумя паразитными колёсами

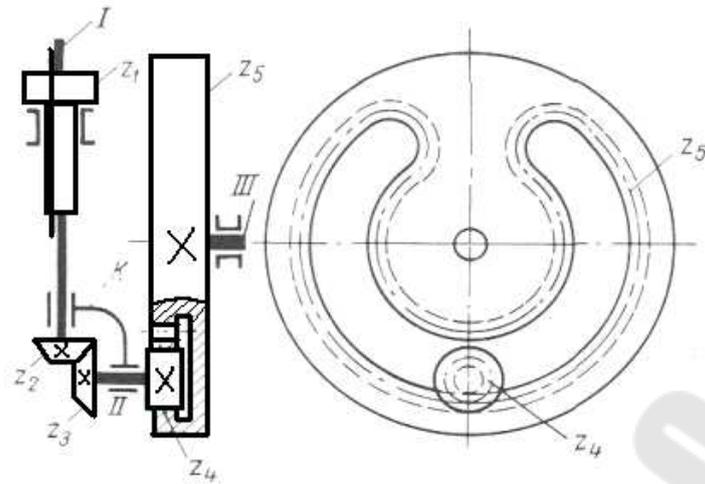
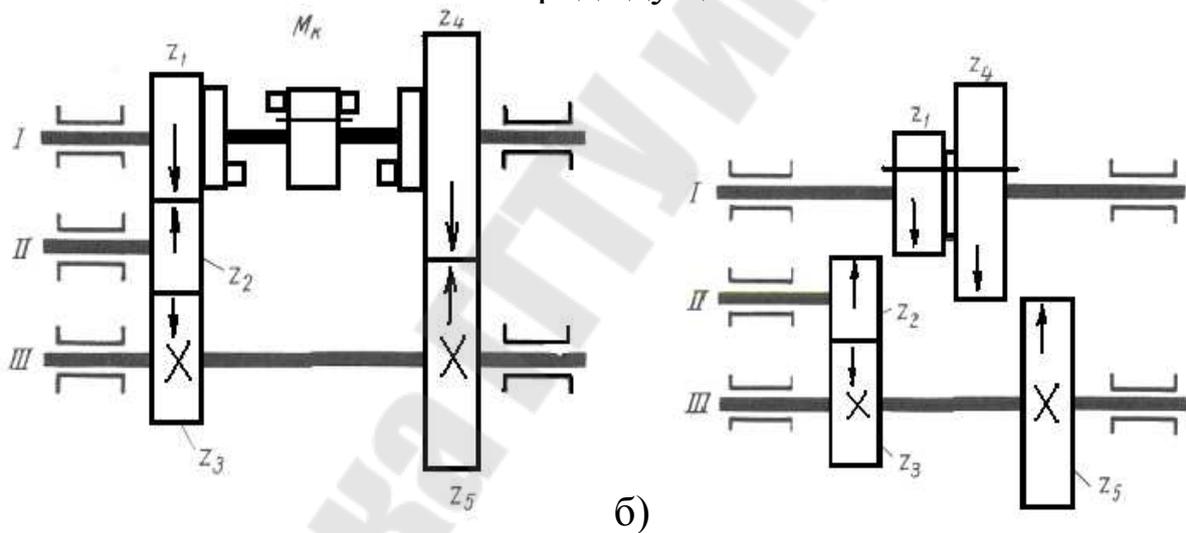


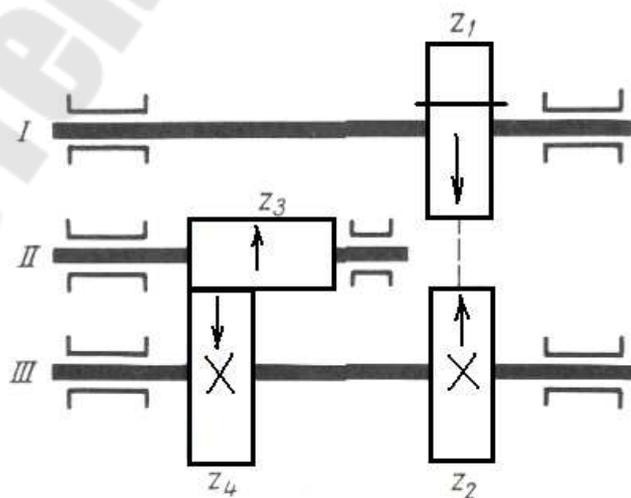
Рисунок 5.23 – Схема реверса с составным зубчатым колесом

Реверс с одним паразитным колесом и двойным подвижным блоком шестерен (рисунок 5.24, б) может быть выполнен только с цилиндрическими колесами, имеющими прямые зубья. Во всем остальном он не отличается от предыдущего механизма.



а)

б)



в)

Рисунок 5.24 – Схема реверса с одним паразитным колесом

Реверс с одним широким паразитным колесом (рисунок 5.24, в) отличается от предыдущих механизмов тем, что имеет четыре колеса вместо пяти и что колеса z_1 , z_2 и z_4 имеют равные числа зубьев, чем обуславливается одинаковая скорость вращения ведомого вала III как в одну, так и в другую сторону. В этом механизме все колеса также должны иметь прямые зубья.

Конические реверсы. Если в кинематической цепи привода от двигателя до рабочего органа имеются конические передачи под прямым углом, то бывает целесообразным применение конических реверсов (рисунок 5.25).

У конического реверса с подвижным блоком конических колес (рисунок 5.25, а) вал I имеет постоянное направление вращения. Когда блок конических колес, связанный с валом I направляющей шпонкой, находится (как показано на схеме) в левом крайнем положении, в зацеплении участвуют колеса $z_2—z_3$ и вал II вращается по стрелке б. При перемещении блока конических колес вправо зацепляются колеса $z_1—z_3$ и вал II начинает вращаться по стрелке а.

Конический реверс с двусторонней кулачковой муфтой M_k (рисунок 5.25, б) работает по аналогичному принципу, только в этом механизме изменение направления вращения вала II достигается переключением муфты M_k .

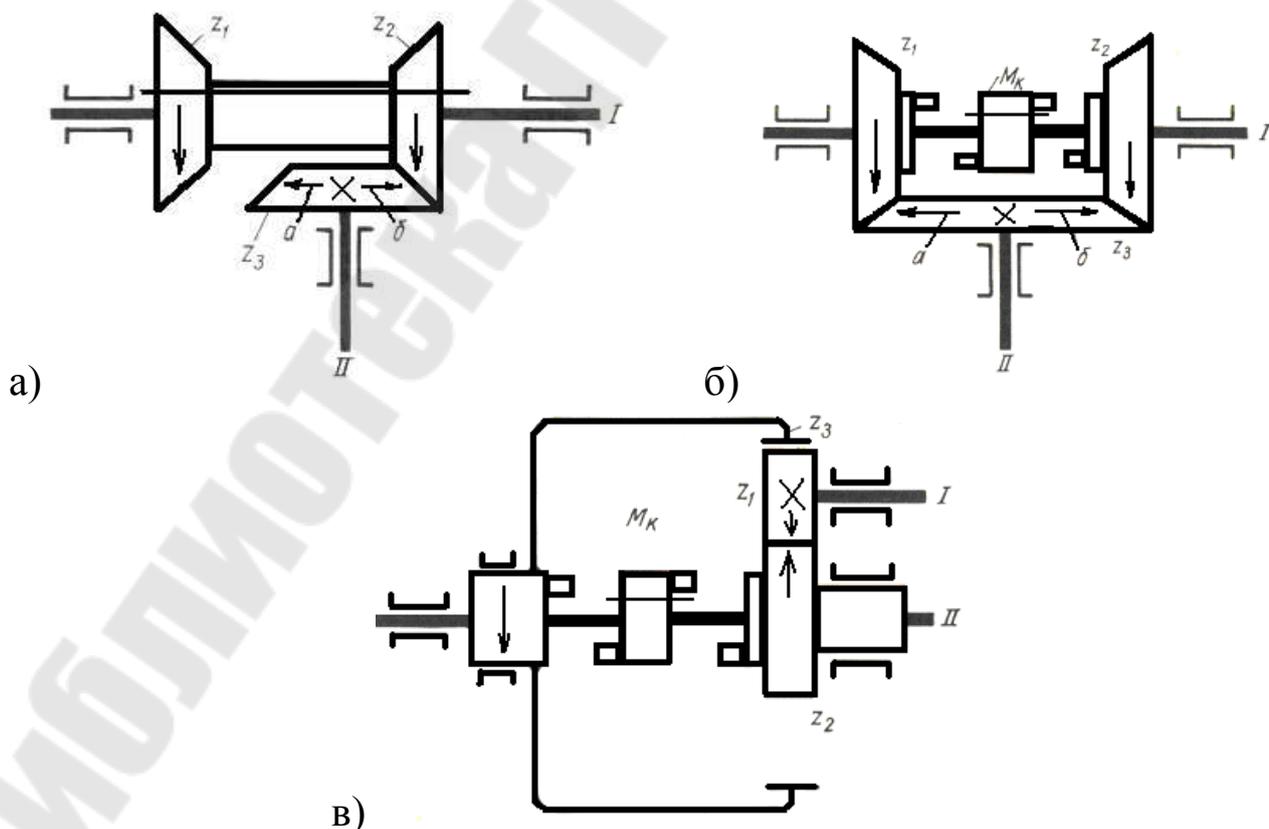


Рисунок 5.25 – Схема конических реверсов

Реверс с колесом внутреннего зацепления. Принципиальным отличием этого механизма (рисунок 5.25, в) является применение зубчатого колеса z_3 с внутренним зацеплением. Вал I с колесом z_1 вращается в одном постоянном направлении, приводя в движение колеса z_2 и z_3 , которые при этом вращаются в разных направлениях. Перемещением двусторонней кулачковой муфты M_k вправо или влево можно сообщить валу II вращение в ту или иную сторону.

5.4. Типовые механизмы прямолинейного поступательного движения

Для преобразования на последней ступени привода вращательного движения в поступательное в станкостроении используются различные типовые механизмы.

Винтовая передача. Наиболее распространенным механизмом для преобразования вращательного движения в поступательное движение являются винтовые передачи (рисунок 5.26). При этом могут быть различные варианты преобразования движения:

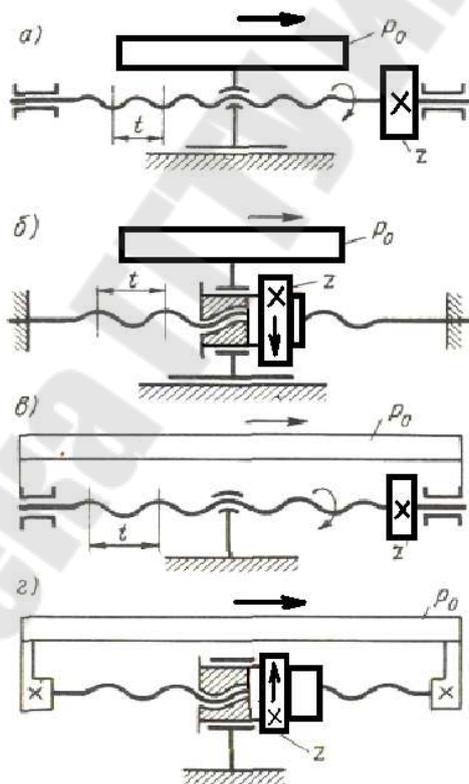


Рисунок 5.26 – Схема винтовой передачи (передача винт-гайка)

- винт вращается, а гайка совместно с рабочим органом P_0 движется поступательно — рисунок 5.26, а;

- винт неподвижный, гайка вращается и совместно с рабочим органом P_0 совершает поступательное движение — рисунок 5.26, б;

- гайка неподвижная, винт вращается и одновременно совместно с рабочим органом P_0 совершает поступательное движение — рису-

нок 5.26, в;

- гайка вращается, а винт совместно с рабочим органом P_0 имеет поступательное движение — рисунок 5.26, г.

Реечная передача. По варианту (рисунок 5.27, а) реечная шестерня только вращается, а поступательное движение получает рейка совместно с рабочим органом P_0 (подача шпинделя сверлильных станков). По варианту (рисунок 5.27, б) рейка неподвижна, а реечная шестерня z вращается и двигается поступательно совместно с рабочим органом P_0 (продольная подача суппорта токарного станка при обтачивании).

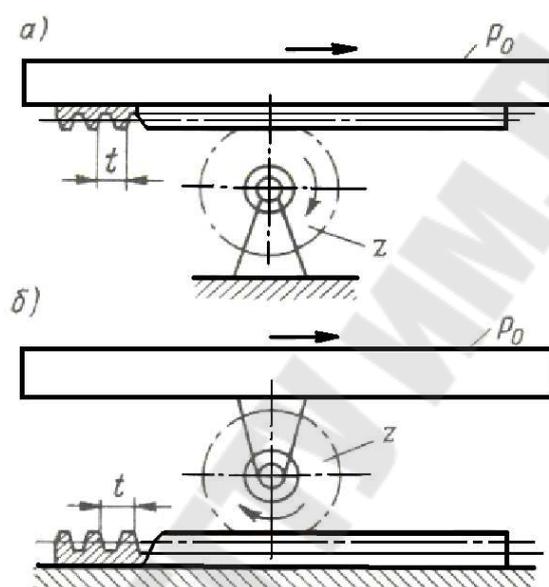


Рисунок 5.27 – Схема реечной передачи

Червячно-реечная передача. Среднее положение между винтовой и реечной передачей занимает червячно-реечная передача (рисунок 5.28). Она обладает большей жесткостью и достаточно высоким к.п.д., что обеспечивает ей широкое применение в приводах движения резания современных продольно-строгальных станков (рисунок 5.28, а) и в приводе подачи тяжелых фрезерных и горизонтально-расточных станков (рисунок 5.28, б).

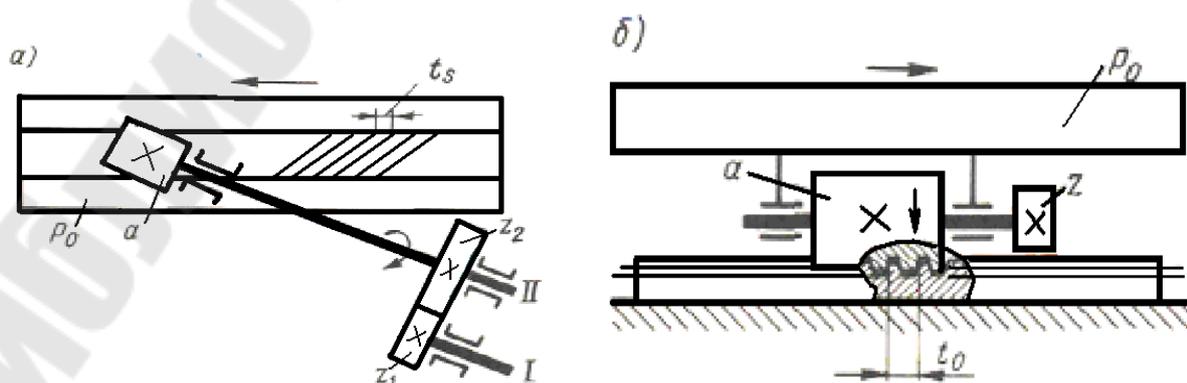


Рисунок 5.28 – Схема червячно-реечной передачи

Кривошипно-шатунный механизм. Этот механизм при равномерном вращении кривошипа O_1A (рисунок 5.29) обеспечивает прямолинейное возвратно-поступательное движение ползуна B , но с переменной скоростью. Причем скорость ползуна при прямом и обратном ходе для каждого его положения будет одинаковой.

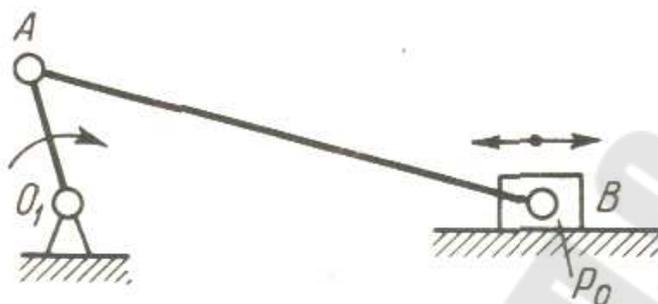


Рисунок 5.29 – Схема кривошипно-шатунного механизма

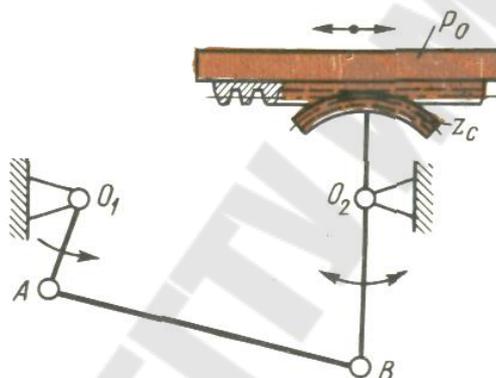


Рисунок 5.30 – Схема кривошипно-реечного механизма

Двойной кривошипно-реечный механизм. В зубодолбежном станке для сообщения возвратно-поступательного движения штосселю с долбяком применен двойной кривошипно-реечный механизм (рисунок 5.31). При вращении кривошипа $K_п$ шатун-рейка приводит в возвратно-вращательное движение шестерню z_1 , вал II и шестерню z_2 . Последняя сообщает прямолинейное возвратно-поступательное движение рабочему органу P_0 .

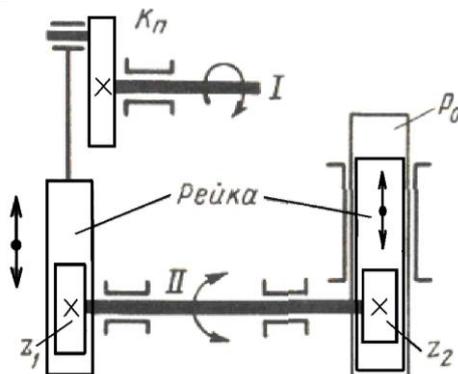


Рисунок 5.31 – Схема двойного кривошипно-реечного механизма

Кривошипно-кулисный механизм. При вращении кривошипа 01А (рисунок 5.32) кулиса Ка совершает возвратно-качательное движение и через шатун ВС сообщает рабочему органу P_0 прямолинейное возвратно-поступательное движение.

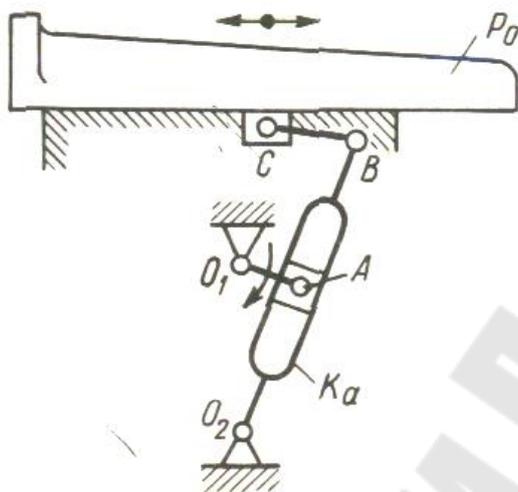


Рисунок 5.32 – Схема кривошипно-кулисного механизма

Механизм с вращающейся кулисой. Палец кривошипа $K_{п1}$ (рисунок 5.33) входит в радиальный паз вращающейся кулисы $K_в$, закрепленной на валу II. Кривошип $K_{п2}$ посредством шатуна соединен с рабочим органом P_0 . При равномерном вращении вала I вследствие смещения осей валов I и II, вал II получает неравномерное вращение, что обеспечивает более равномерную скорость движения рабочего органа P_0 на заданном участке его пути. Механизм с вращающейся кулисой находит применение в долбежных станках.

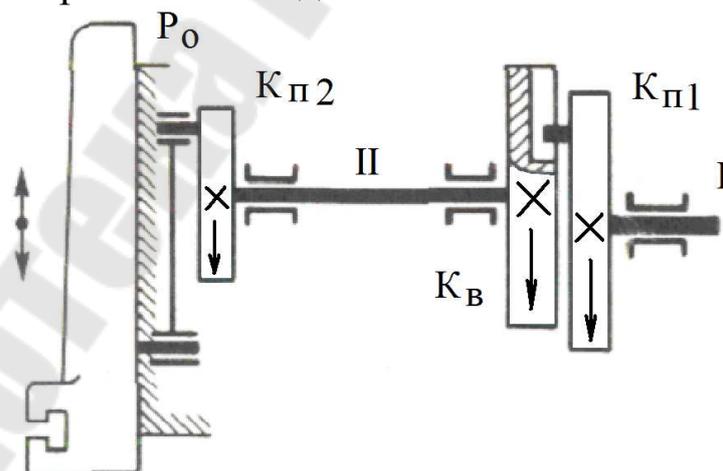


Рисунок 5.33 – Схема механизма с вращающейся кулисой

Кулачковые механизмы. Эти механизмы позволяют обеспечить любой закон изменения скорости рабочего органа, получать необходимое соотношение скорости рабочего и обратного ходов и в отличие от других механизмов могут одновременно выполнять функции командно-распределительного устройства. Благодаря этим преимуще-

ствам кулачковые механизмы с дисковыми (рисунок 5.34, а), торцовыми (рисунок 5.34, б) и цилиндрическими (рисунок 5.34, в) кулачками нашли широкое применение в станках-автоматах и полуавтоматах для осуществления автоматического цикла работы.

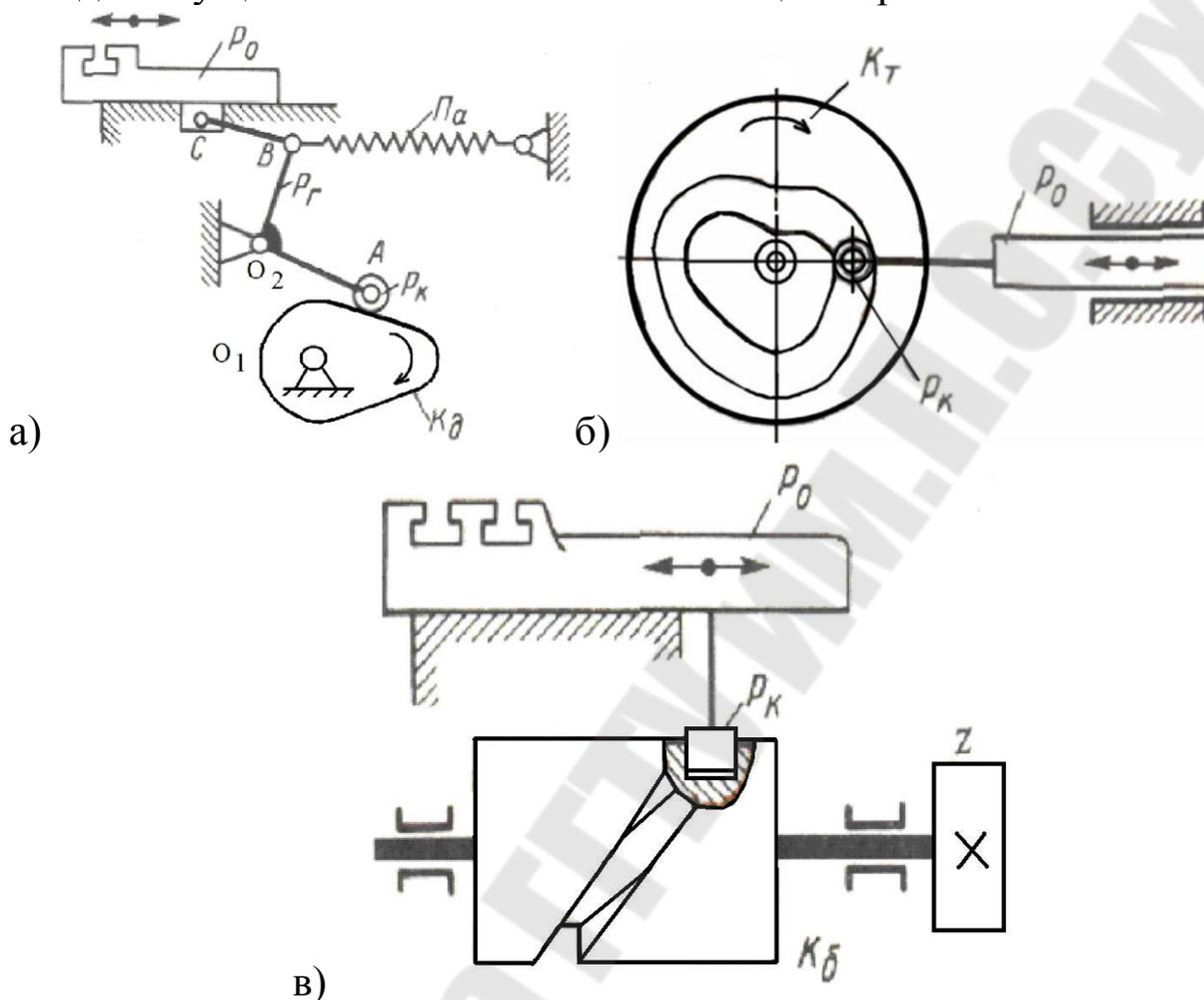


Рисунок 5.34 – Схема кулачковых механизмов

Гидропривод. Для преобразования вращательного движения в прямолинейно-поступательное движение в современных станках особенно широко используется гидропривод (рисунок 5.35). Принцип работы гидропривода заключается в следующем: масло из резервуара Р подается насосом Н под давлением через дроссель Д к золотниковому крану Кн. В зависимости от положения крана масло подается по правому или левому маслопроводам в соответствующую полость цилиндра и заставляет перемещаться поршень Я со штоком Ш и связанный с ними рабочий орган P_0 .

Пневмопривод. В современных станках для сообщения рабочим органам поступательных перемещений находят также широкое применение пневмоприводы. Для коротких перемещений используются пневмокамеры (рисунок 5.36, а), а для больших ходов — пневмоцилиндры (рисунок 5.36, б).

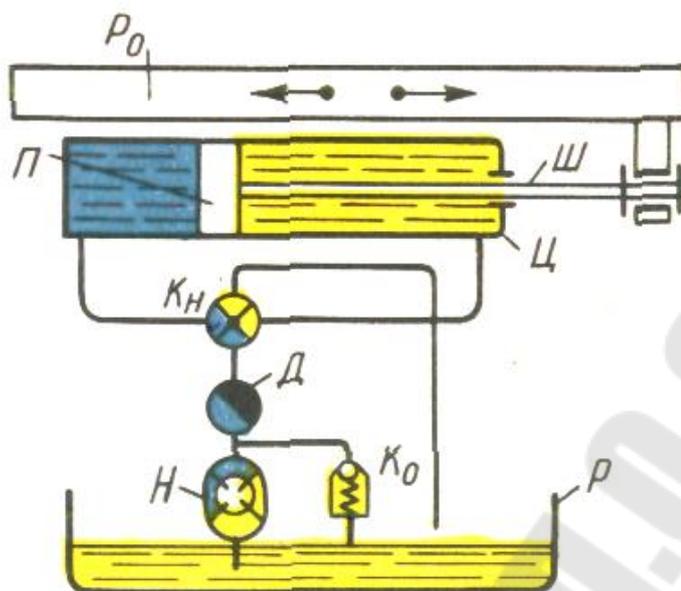


Рисунок 5.35 – Схема гидропривода

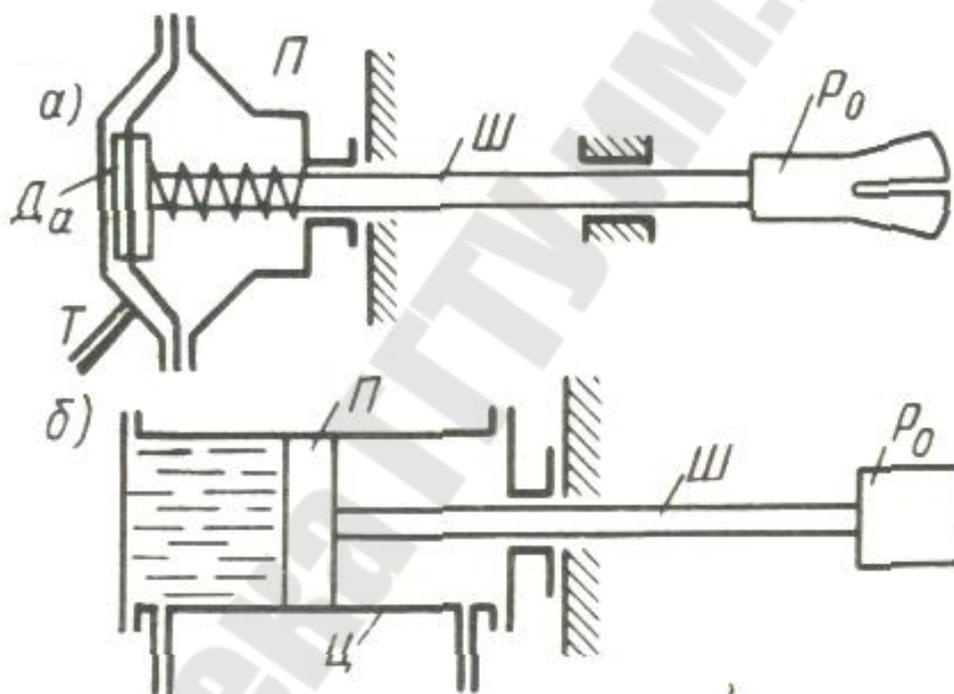


Рисунок 5.36 – Схема пневмопривода

5.5. Типовые механизмы для получения прерывистых движений

Для получения прерывистого движения в станкостроении используют различные типовые механизмы, каждый из которых имеет свою область применения.

Храповые механизмы. Эти механизмы позволяют весьма тонко и в широком диапазоне изменять величину периодических перемещений рабочих органов станков.

Механизм с наружным храповым колесом (рисунок 5.37) находит применение в поперечно-строгальных станках. При равномерном

вращении кривошипа K , связанный с ним шатуном $Ш$ рычаг P_r получает непрерывное качательное движение относительно точки O_2 . С рычагом P_r связана собачка C , упирающаяся в зубья колеса. При качании рычага P_r в направлении стрелки a собачка, упираясь в один из зубьев колеса, увлекает его и поворачивает на некоторый угол. При качании коромысла по стрелке b собачка приподнимается, скользит по спинкам зубьев и колесо не поворачивается.

Механизм с внутренним храповым колесом (рисунок 5.38) отличается от предыдущего только лишь тем, что храповое колесо Z выполнено с внутренними зубьями, а вместо рычага внутри храпового колеса установлен диск D . При вращении кривошипа K диск D посредством шатуна $Ш$ получает возвратно-вращательное движение и через собачку C сообщает колесу Z периодическое вращательное движение.

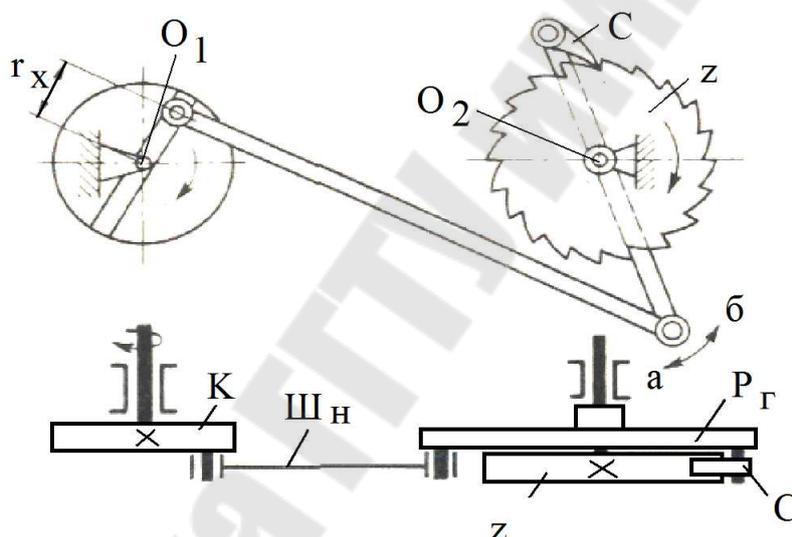


Рисунок 5.37 – Схема механизма с наружным храповым колесом

Механизм с торцевой храповой муфтой (рисунок 5.39) нашел применение в приводе подач продольно-строгальных станков. При непрерывном и равномерном вращении вала I с кривошипом K зубчатое колесо Z_1 и вал II получают через шатун-рейку P_a возвратно-вращательное движение. На валу II на направляющей шпонке установлена храповая муфта M_x , которая пружиной P_a поджимается к зубчатому колесу Z_2 , имеющему драповые зубья на торце своей ступицы. При вращении вала II по стрелке b храповая муфта M_x , преодолевая сопротивление пружины P_a , отходит влево и не передает вращение колесу Z_2 . Во время вращения вала II по стрелке a храповая муфта M_x находится в зацеплении со ступицей колеса Z_2 и передает ему вращение по стрелке $в$.

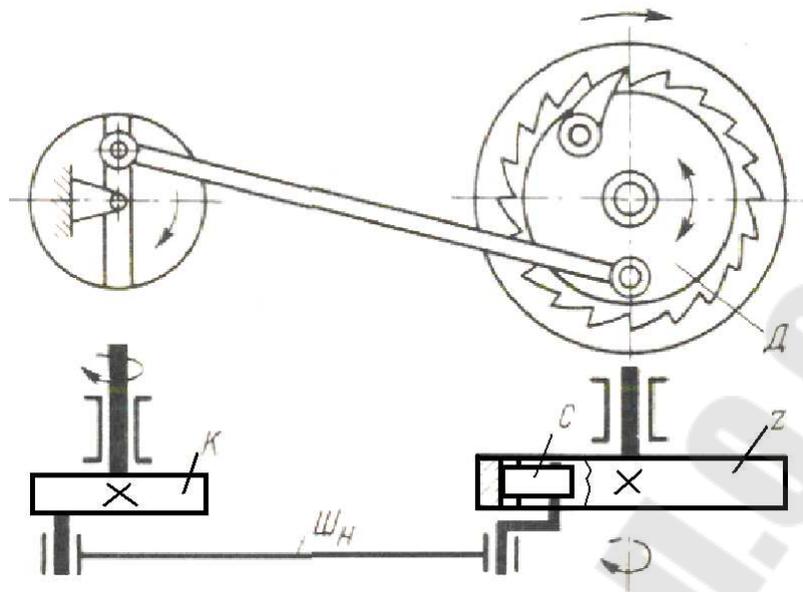


Рисунок 5.38 – Схема механизма с внутренним храповым колесом

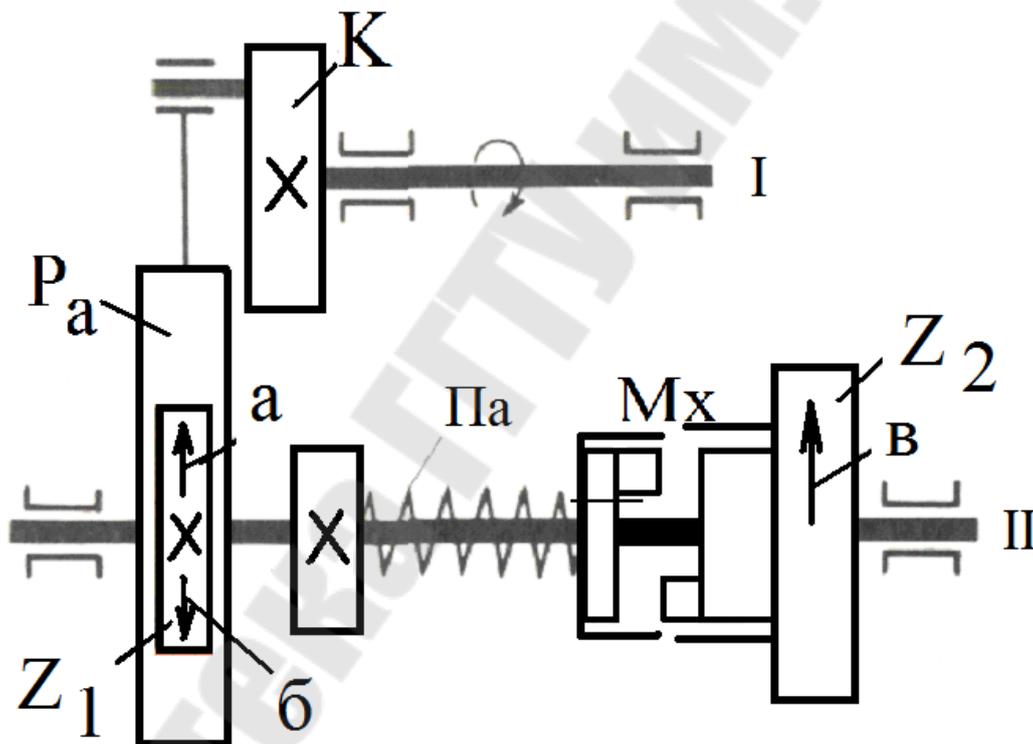


Рисунок 5.39 – Схема механизма с торцевой храповой муфтой

Храповой механизм с поршневым приводом (рисунок 5.40) применен в приводе радиальных подач. В этом механизме собачка С, находящаяся в зацеплении с храповым колесом z, установлена в пазу штока Шк. Последний связан с поршнем П. Когда в цилиндр Ц подается сжатый воздух или жидкость, то поршень П со штоком Шк и собачкой С перемещается по стрелке б до упора У, поворачивая храповое колесо z на один или несколько зубьев по стрелке в. При обратном ходе штока с собачкой по стрелке а храповое колесо z вращения не получает.

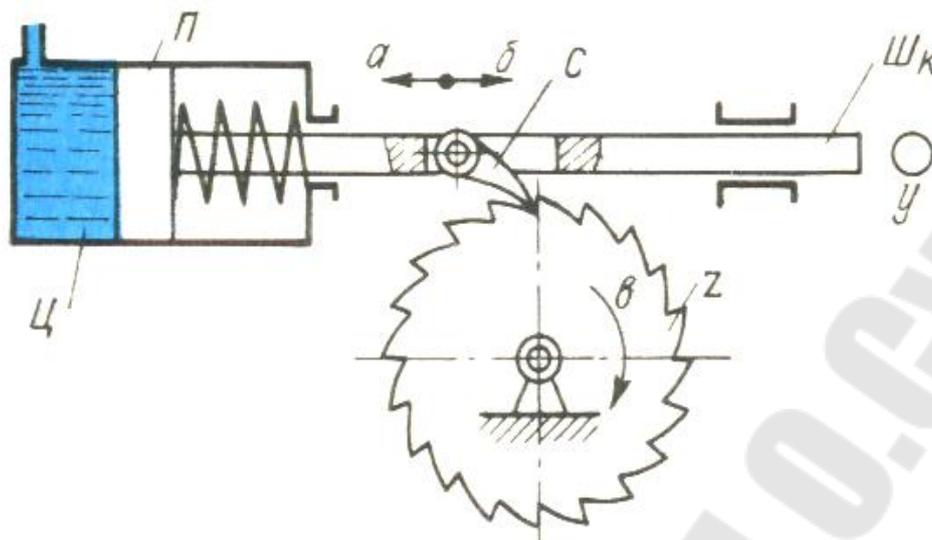


Рисунок 5.40 – Схема храпового механизма с поршневым приводом
 Мальтийские механизмы. В станкостроении для поворота многопозиционных рабочих органов из одной позиции в другую чаще всего применяются мальтийские механизмы.

Четырехпозиционный мальтийский механизм с одним кривошипом (рисунок 5.41) используется для поворота шпиндельного блока. При равномерном вращении кривошипа К закрепленный на нем ролик R_k , в определенный момент входит в один из четырех пазов мальтийского креста K_m и поворачивает его на 90° . Таким образом, за каждый полный оборот кривошипа К вал, на котором закреплен мальтийский крест, сделает только $1/4$ оборота. Диск Д, жестко связанный с кривошипом К, служит для фиксации положения мальтийского креста в каждом из его четырех позиций.

Шестипозиционный мальтийский механизм с одним или двумя роликами (рисунок 5.42). Установка второго ролика на кривошипном диске К позволяет в случае необходимости увеличить угол поворота мальтийского креста в два раза.

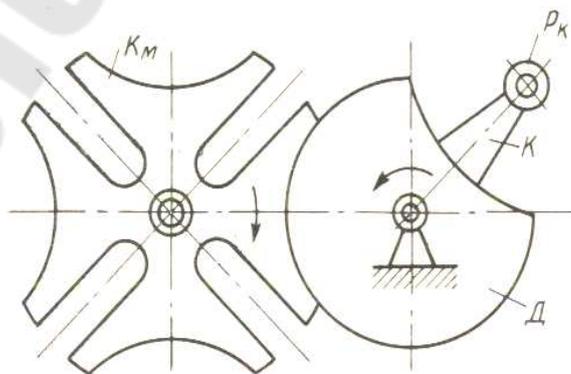


Рисунок 5.41 – Схема четырехпозиционного мальтийского механизма с одним кривошипом

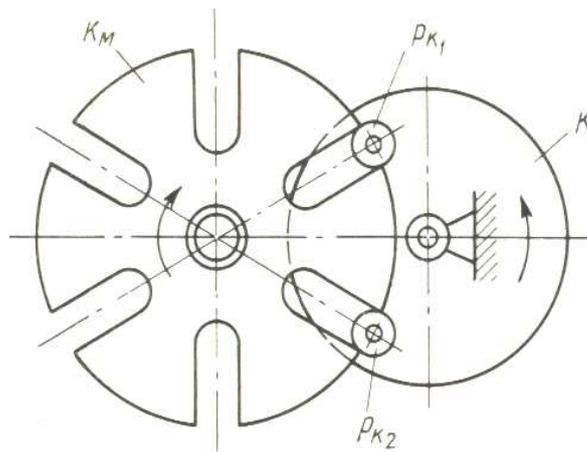


Рисунок 5.42 – Схема шестипозиционного мальтийского механизма с одним или двумя роликами

Секторный механизм. Зубчатый сектор z_c (рисунок 5.43), закрепленный на валу I, периодически поворачивается только в течение того времени, когда его зубья находятся в зацеплении с зубьями колеса z , установленного на валу II. В этом механизме не представляется возможным регулировать величину угла поворота колеса z , поэтому он, как и мальтийские механизмы, используется в основном в многопозиционных устройствах.

Механизм с однооборотной муфтой. Рабочий орган P_0 (рисунок 5.44) в нужный момент получает периодический поворот на определенный угол от непрерывно вращающегося вала I через колеса $z_1—z_2$, однооборотную муфту M_k и червячную передачу $a—z_3$. Однооборотная муфта M_k срабатывает под действием соленоида C_d , который через рычаг P_r поднимает палец Π_c .

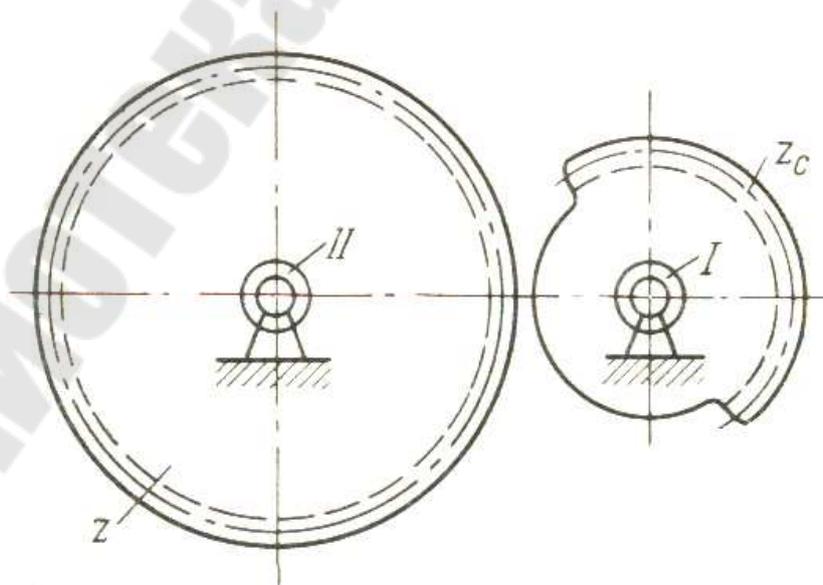


Рисунок 5.43 – Схема секторного механизма

Шаговый электродвигатель. Ротор P_r одного из шаговых электродвигателей (рисунок 5.45) имеет ряд полюсов, а статор состоит из трех независимых секций Cc_1 , Cc_2 и Cc_3 , которые расположены так, что если одна из них совпадает с полюсами ротора P_r , то две другие секции оказываются смещенными относительно полюсов, причем в разные стороны.

При включении обмотки секции Cc_1 ротор повернется на некоторый угол по стрелке а, а при включении обмотки секций Cc_2 он повернется на тот же угол, но по стрелке б.

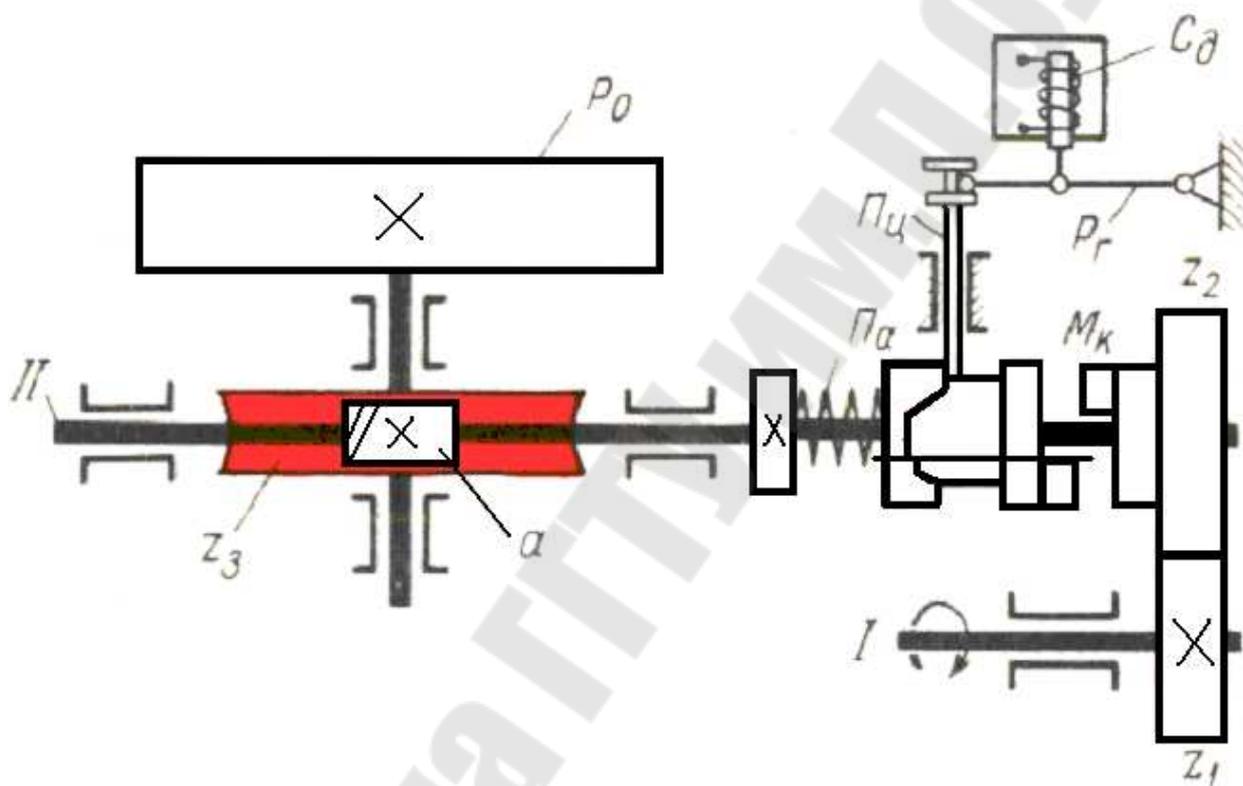


Рисунок 5.44 – Схема механизма с однооборотной муфтой

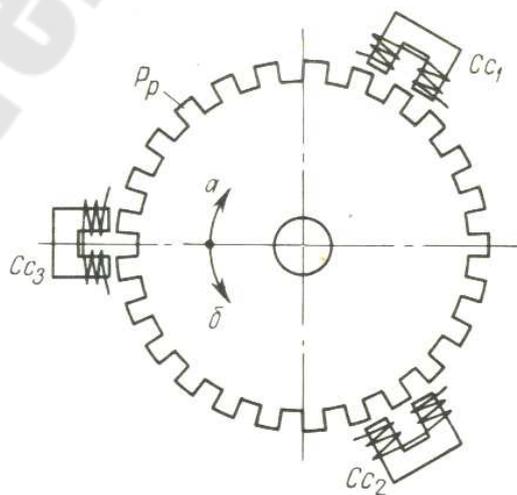


Рисунок 5.45 – Схема шагового электродвигателя

5.6. Механизмы предохранительные, обгона и планетарные

Предохранительные устройства. Во избежание поломок деталей станков в приводах последних устанавливаются всевозможные предохранительные устройства.

Механизм падающего червяка (рисунок 5.46) применяется для автоматического выключения подачи при перегрузках. Выключение осуществляется тогда, когда суппорт доходит до какого-нибудь препятствия, например, до неподвижного упора, установленного на станке, и дальше не может перемещаться. При этом приводной вал I продолжает передавать вращение червяку а через кулачковую муфту M_k . Последняя благодаря скошенным зубьям отходит назад, преодолевая сопротивление пружины Π_a , и нажимает через упор б на рычаг P_r , который при помощи выступа В поддерживает червяк а в зацеплении с червячным колесом Z.

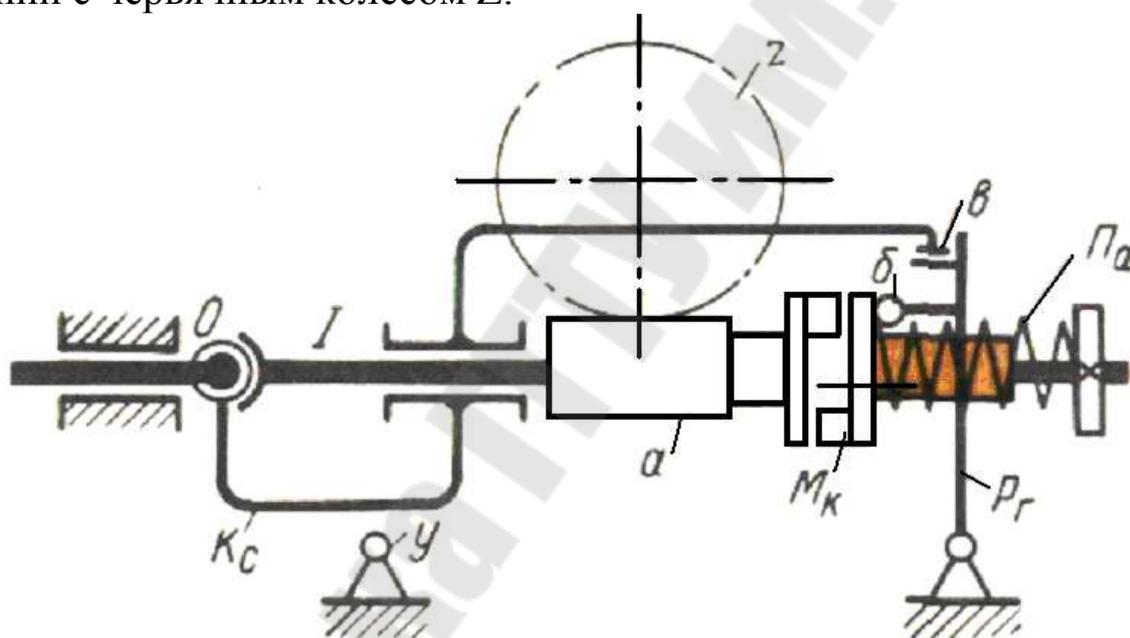


Рисунок 5.46 – Схема механизма падающего червяка

В определенный момент, когда муфта M_k отодвинется назад и выступ В не будет поддерживать червяк а, последний под действием собственного веса упадет вниз и, поворачиваясь относительно оси О, выйдет из зацепления с червячным колесом z.

В другой конструкции падающего червяка (рисунок 5.47) вращение от вала I через колеса $z_1—z_2$, вал II и червячную передачу а—z передается валу III и далее механизму подачи. Когда упор У нажмет на рычаг P_r , корпус K_c лишится опоры и упадет вниз вместе с валом II и червяком а, расцепив его с колесом z.

Самовыключающиеся кулачковые муфты служат тем же целям, что и падающие червяки. Рассмотрим работу муфты (рисунок 5.48).

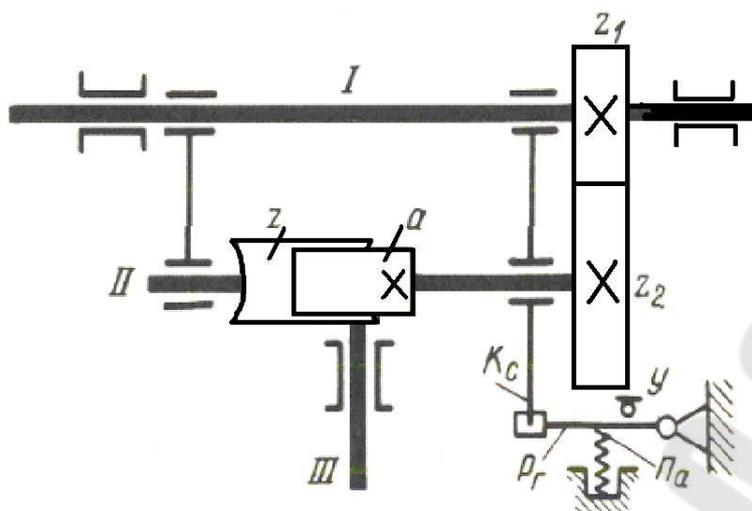


Рисунок 5.47 – Схема механизма падающего червяка

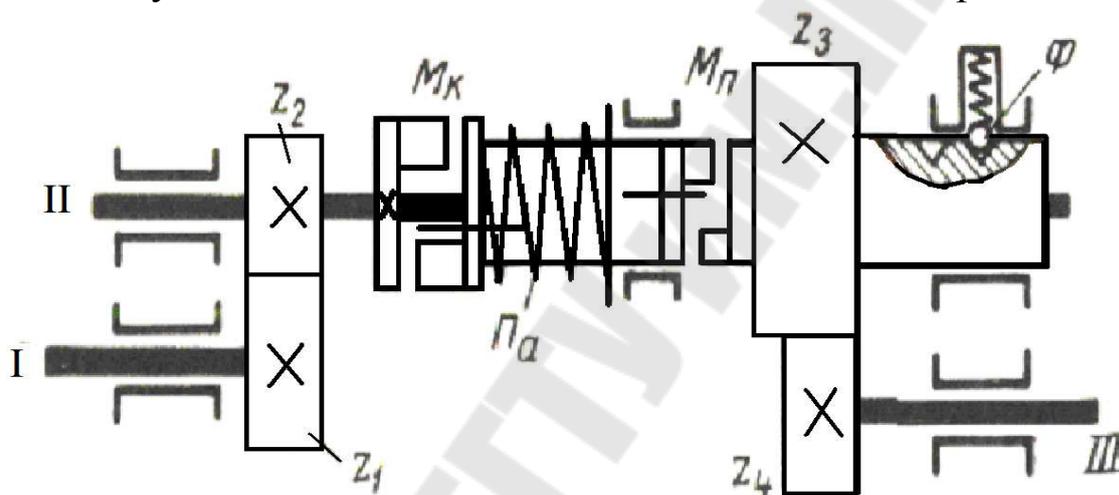


Рисунок 5.48 – Схема самовыключающейся кулачковой муфты

Движение от вала I валу III передается шестернями z_1 — z_2 , валом II, кулачковыми муфтами M_k и M_p и зубчатыми колесами z_3 — z_4 . Когда в цепи подачи станка возникает перегрузка, правая часть кулачковой муфты M_k благодаря наличию скошенных зубьев перемещается вправо совместно с кулачковой муфтой M_p и зубчатым колесом z_3 .

В определенный момент фиксатор Φ зафиксирует ступицу с колесом z_3 в крайнем правом положении. Далее, когда вал II совместно с левой частью муфты M_k повернется на один зуб, правая ее часть под действием пружины P_a переместится влево в свое первоначальное положение, расцепив при этом кулачки муфты. Передача движения прекратится.

Несколько иначе работает самовыключающаяся кулачковая муфта (рисунок 5.49). При соприкосновении суппорта с упором возрастает крутящий момент, передаваемый от ходового валика X_b через посредство муфты M_k червяку a . Благодаря наличию скосов на кулачках муфты M_k осевое усилие, действующее на муфту, стремится

переместить ее влево и разъединить с червяком а. Этому препятствует двуплечий рычаг Рг, один конец которого упирается в скос плунжера Пр. При определенной, заранее отрегулированной нагрузке плунжер Пр, преодолевая сопротивление пружины Па, утапливается, рычаг Рг поворачивается и муфта МК отходит влево, разрывая цепь механической подачи суппорта.

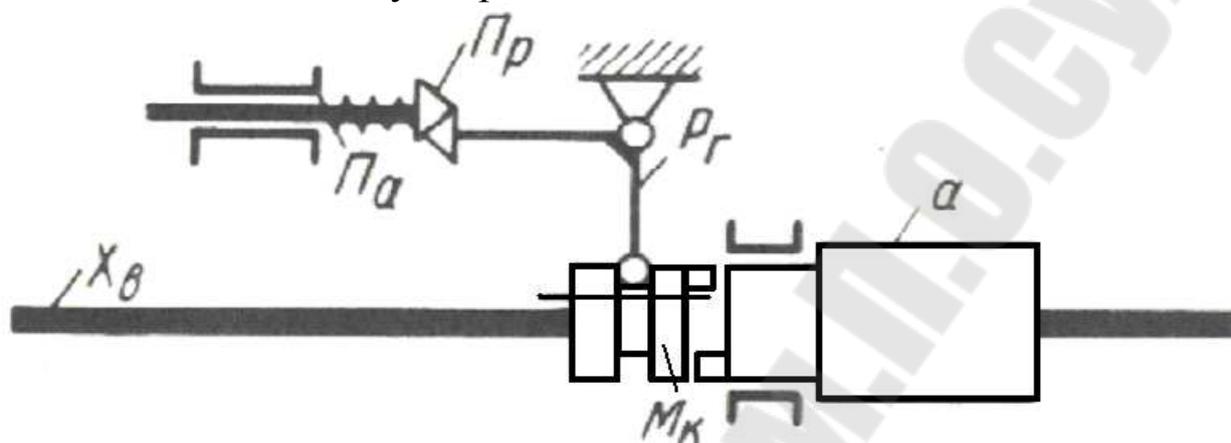


Рисунок 5.49 – Схема самовыключающейся кулачковой муфты

Обгонные муфты. Обычная односторонняя обгонная муфта (рисунок 5.50) позволяет осуществлять рабочее и быстрое движение только в одном направлении. При рабочем движении вал I через червячную передачу a_1-z_1 и обгонную муфту M_0 передает вращение валу II и далее рабочему органу станка. Для осуществления быстрых перемещений рабочего органа включается электродвигатель Дэ, который через зубчатую передачу z_2-z_3 сообщает быстрое вращение валу II. Наличие обгонной муфты M_0 допускает быстрое вращение вала II при медленном вращении или полной остановке червячного колеса z_1 .

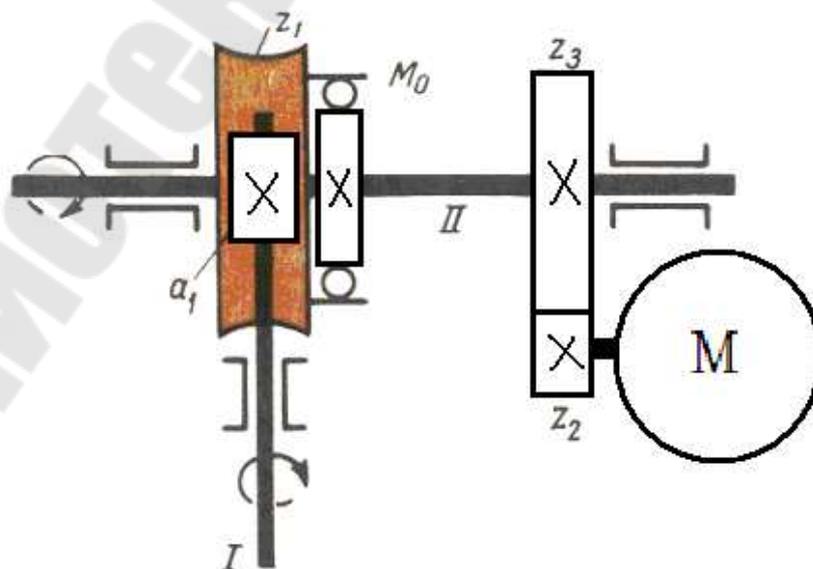


Рисунок 5.50 – Схема односторонней обгонной муфты

Двусторонние обгонные муфты (рисунок 5.51) позволяют осуществлять быстрое вращение вала II в обоих направлениях. В этом случае электродвигатель М быстрых перемещений связан зубчатыми колесами z_1 — z_3 не с валом II, а с поводковой муфтой М торцовые пальцы которой входят в соответствующие вырезы обгонной муфтой M_0 .

В зависимости от конструкции двусторонней обгонной муфты рабочее движение валу II может быть сообщено только в одном или обоих направлениях.

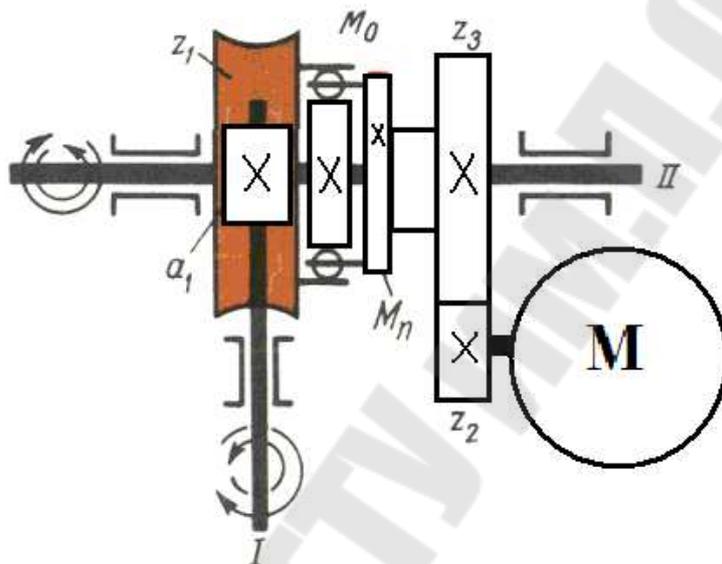


Рисунок 5.51 – Схема двусторонней обгонной муфты

Планетарные механизмы. В металлорежущих станках находят широкое применение различные типы планетарных механизмов.

В планетарном механизме (рисунок 5.52) привода быстрых перемещений рабочие перемещения осуществляются от вала II через червячную передачу a_2 — z_2 и коническую передачу z_3 — z_c — z_4 . Быстрые перемещения производятся электродвигателем М через червячную передачу a_1 — z_1 , Т-образный вал II и планетарную коническую передачу z_c — z_4 — z_3 .

Несколько иной вариант привода быстрых перемещений с аналогичным планетарным механизмом показан на рисунке 5.53.

В приводах подач и быстрых перемещений применен планетарный механизм с центральным водилом и цилиндрическими колесами (рисунок 5.54). Рабочая подача сообщается от вала I через червячную передачу a_2 — z_2 и планетарную передачу z_3 — z_4 — B_0 и далее через вал II рабочему органу станка. Колесо z_6 в это время неподвижно.

При быстрых перемещениях вращение от электродвигателя М передается валу II через червячную передачу a_1 — z_1 и планетарную

передачу $z_6—z_5—B_0$.

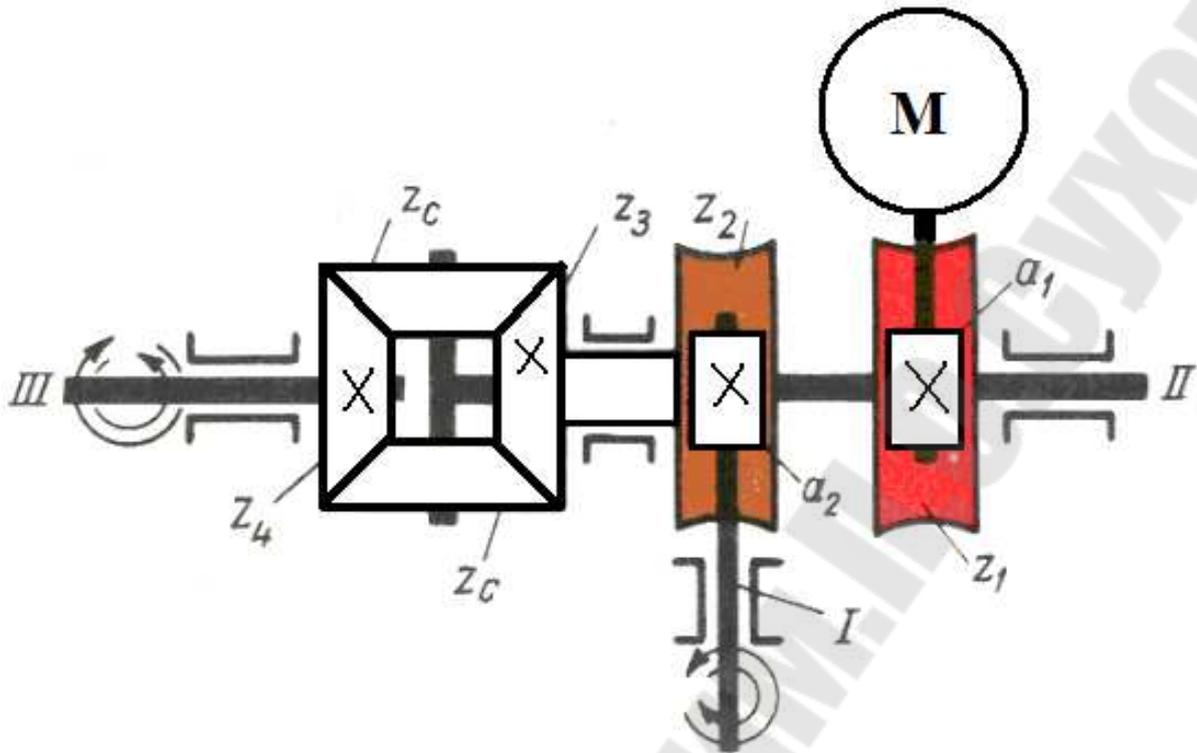


Рисунок 5.52 – Схема планетарного механизма с коническими колёсами

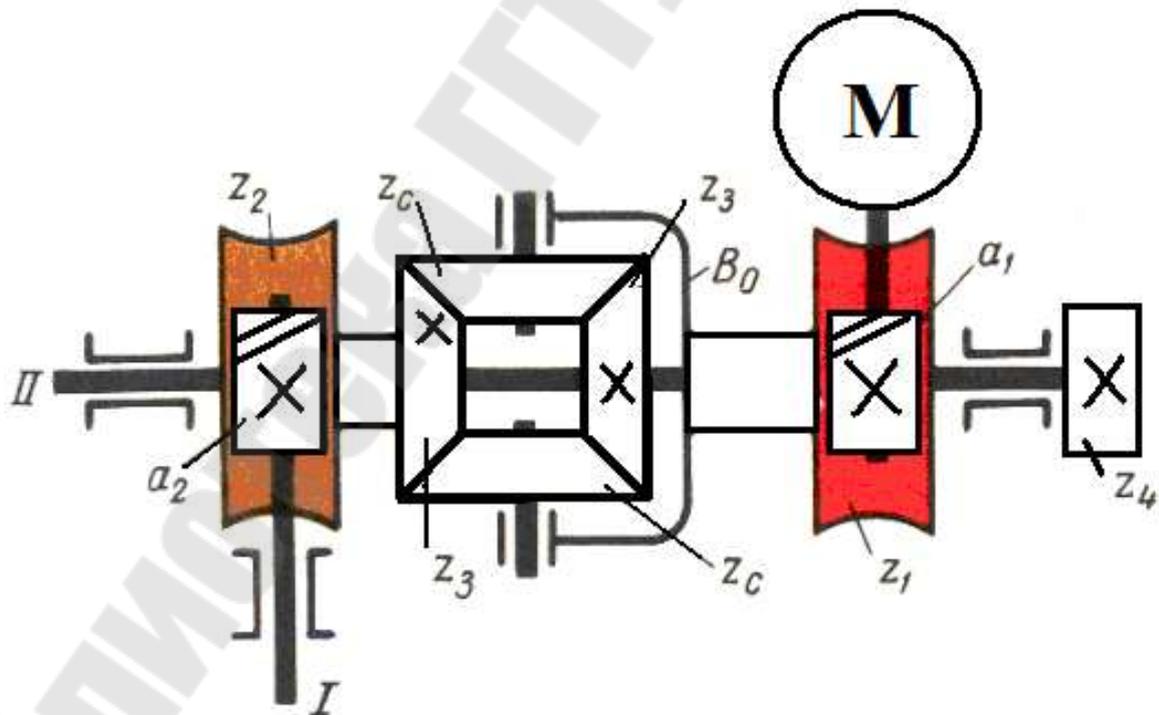


Рисунок 5.53 – Схема планетарного механизма с коническими колёсами

6. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

6.1. Основные функции управления

В функции управления входят включение и выключение привода главного движения, подача, подвод и отвод инструмента, установка его на размер. Кроме того, нужно устанавливать и закреплять заготовки, контролировать размеры, поворачивать столы, револьверные головки и т.д. В основном это сводится к перемещению подвижных элементов: зубчатых колес, муфт, гидравлических, пневматических и электрических устройств и т.д.

Системы управления (СУ) оказывают влияние на основные показатели станка: производительность, удобство и простоту обслуживания, надежность. Поэтому к СУ предъявляют следующие требования:

- безопасность управления (органы управления располагают в удобных зонах с применением блокировок, ограничителей перемещений, сигнальных устройств);
- легкость и удобство манипулирования ручными средствами (усилия, прилагаемые к рукояткам, не должны превышать 80 Н, а при частых включениях — 45 Н, высота расположения 800...1000 мм, ширина 900 мм, дублирование при неудобном расположении);
- быстрота управления;
- мнемоничность управления (направление движения руки станочника при перемещении рукояток должно соответствовать движениям управляемого узла);
- точность СУ.

6.2. Виды систем управления станками

СУ весьма разнообразны (рисунок 6.1), но всегда состоят из трех частей:

- управляющего органа или датчика, получающего команду на выполнение заданного движения;
- исполнительного органа или приемника, выполняющего это движение согласно команде;
- промежуточного устройства, передающего команду от управляющего органа к исполнительному.

Ручное управление — наиболее распространенная СУ универсальным оборудованием. Могут быть использованы многорычажные (многорукояточные) и однорычажные (однорукояточные) СУ.

Однорукояточные могут иметь постоянную связь между орга-

ном управления и управляемыми деталями и переменную, когда рычаг, передвигаясь по валику, связывается с разными передачами и переключение скоростей, как правило, производится последовательно через все промежуточные ступени.

Второй метод перехода от одной частоты вращения к другой — предварительный набор — преселективная система, когда набор режима для последующей работы выбирается во время выполнения предыдущей: рабочий поворачивает соответствующий штурвал или маховик и устанавливает нужную в следующем переходе, например, частоту вращения шпинделя. Частота вращения шпинделя в это время никак не изменяется, и только после завершения перехода включение нужной частоты реализуется нажатием на кнопку или поворотом рычага. Этот метод переключения скоростей и подач применен на токарно-револьверном станке модели 1П365.

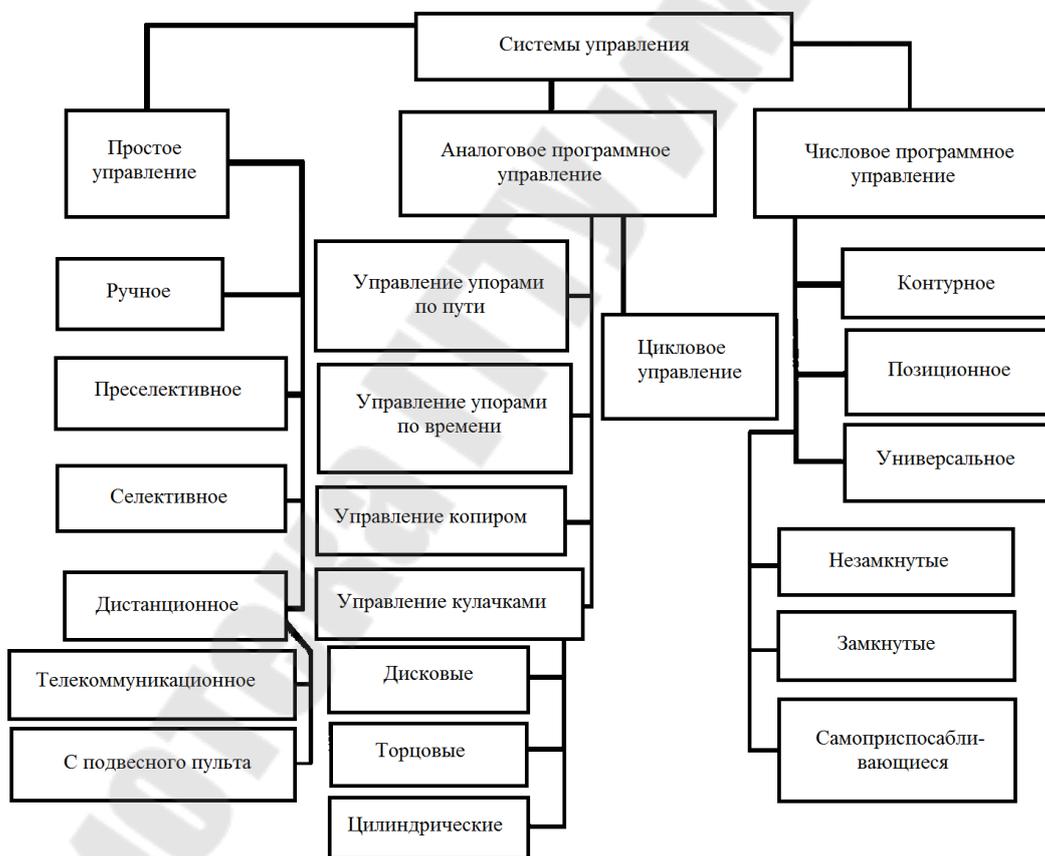


Рисунок 6.1 – Системы управления станками

Селективные СУ позволяют перейти от одной ступени к другой, минуя все промежуточные. Такие СУ, хотя и имеют более сложную конструкцию, широко применяются на консольно-фрезерных станках.

Дистанционное управление (с помощью телекамер и подвесных пультов) применяется для крупных станков и при обработке ток-

сичных заготовок (такие станки устанавливают в отдельных помещениях), когда рабочий не может непосредственно наблюдать за процессом обработки. Эти системы бывают электромеханическими, электрогидравлическими и других типов.

Системы управления в станках для серийного и массового производства, как правило, автоматизированы. Обычно для этого используют электрические и гидравлические системы. Часто применяются механизмы программного переключения, которые предусматривают подачу сигналов для изменения режимов по окончании каждого перехода. Исполнение команд — с помощью электромагнитных муфт.

Для автоматизации применяют разные системы управления, которые различаются по следующим признакам:

- по степени централизации управления (централизованные, децентрализованные и смешанные);
- виду программносителя: аналоговые (упоры, копиры, кулачки), числовые (ЧПУ);
- принципу синхронизации работ;
- числу управляемых координат и т.д.

6.3. Аналоговые системы управления

Наиболее распространенными программными СУ механического типа являются рефлексные системы, работающие с контролем по пути (по упорам) (рисунок 6.2, а) или другим меняющимся параметром (скорости, времени, току, давлению, мощности), т.е. действующие в функции технологической готовности. Это замкнутые системы, допускающие выполнение очередного перехода только после поступления информации о выполнении предыдущего. Системы управления с упорами применяются для автоматизации управления рабочими органами отдельных станков или станков автоматической линии.

Система управления по упорам состоит из конечных выключателей, обычно закрепленных неподвижно, и упоров, расположенных в один или несколько рядов на плоской, торцевой или цилиндрической поверхности (рисунок 6.3). Простейший вариант СУ с контролем по пути — это включение света в холодильнике. При открывании его дверцы на определенную величину (путь) загорается лампочка. Такие же системы применяют и в металлорежущих станках и других видах оборудования.

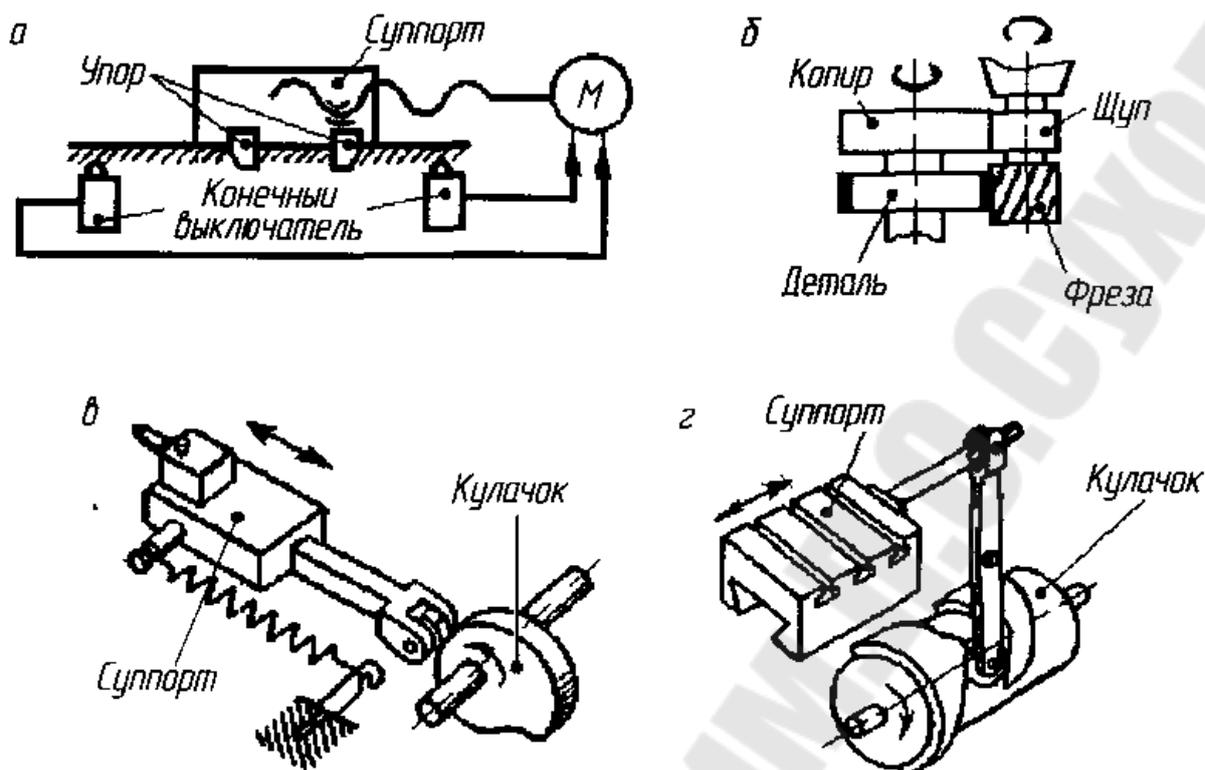


Рисунок 6.2 – Аналоговые программносители

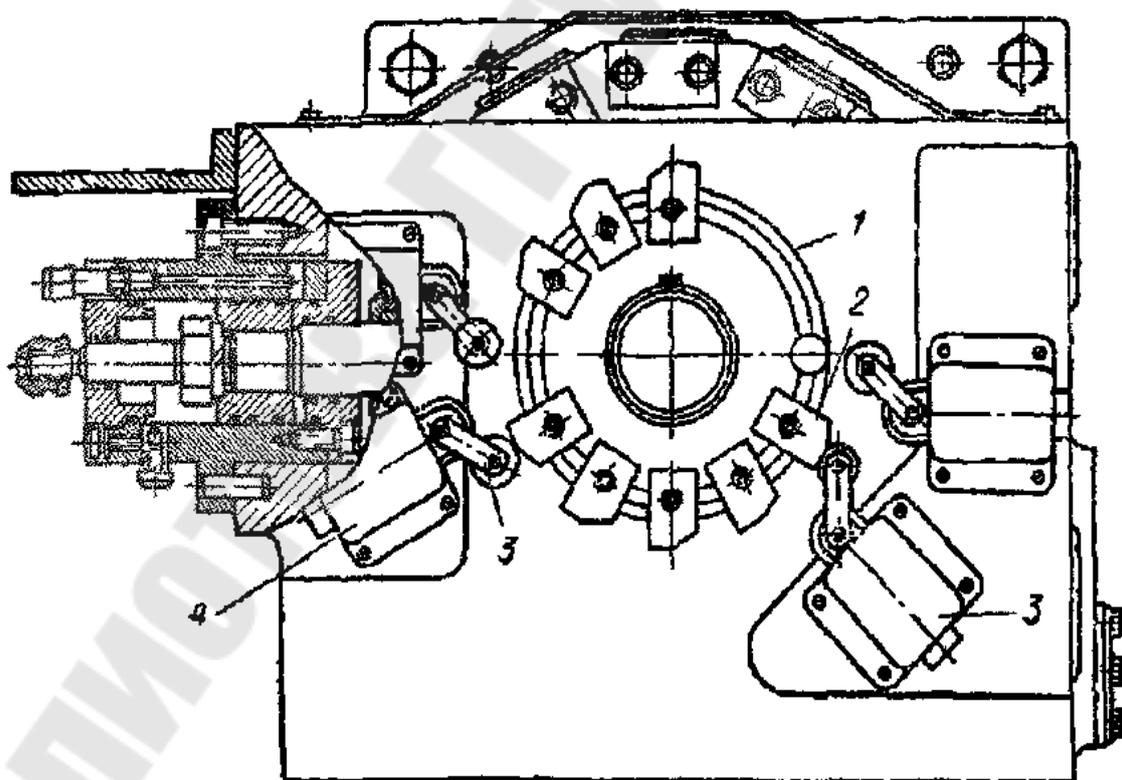


Рисунок 6.3 – Командаппарат управления циклом работы фрезерного полуавтомата модели ГФ639 по упорам: 1 — панель закрепления упоров, 2 — упор, 3 — рычаг конечного выключателя, 4 — конечный выключатель

Точно так же в металлорежущем оборудовании при достижении подвижным узлом станка необходимого положения упор воздействует на конечный выключатель, который может подать нужную команду.

Так устроен командоаппарат копировального суппорта гидрокопировального токарного полуавтомата, у которого вместе с салазками перемещается планка с упорами, действующими на соответствующие конечные выключатели: быстрого отвода; второй рабочей подачи; быстрого поперечного перемещения суппорта; блокировки электрической цепи. Сигналы от конечных выключателей поступают в систему электроавтоматики, которая перерабатывает их и посылает необходимые команды на электромагниты электрогидравлических золотников, расположенных на панели копировального суппорта.

Системы управления с контролем по пути конструктивно просты, обеспечивают дистанционное управление и сравнительно простую переналадку станка, могут иметь неограниченные по расстоянию перемещения. Однако их переналадка довольно продолжительна (трудно с первого раза установить упор в нужное место и нужны пробные обработки), и с их помощью невозможно получить детали сложной формы.

Большое распространение в управлении имеют кулачковые системы с распределительным валом, синхронизирующим движения узлов (см. рисунок 6.2, в, г).

Основная схема кулачкового механизма — это вращающееся звено, кулачок и второе звено, которое приводится в движение кулачком и движется поступательно по прямой линии между двумя крайними точками (см. рисунок 6.2, в) или закреплено в одной точке и качается около нее, описывая дугу (см. рисунок 6.2, г). Программоносителем в этих системах являются кулачки, а считывающим устройством служат рычаги и толкатели, которые, перемещаясь по профилю кулачка, передают заданную программу движения рабочим органам станка через передаточно-преобразующие устройства. В зависимости от условий работы применяются дисковые и цилиндрические кулачковые системы. Применение кулачков в качестве программоносителей объясняется рядом их преимуществ по сравнению с другими механизмами, а именно:

- сравнительно легкое получение заданного закона перемещения;

- возможность смены кулачка при необходимости изменения закона движения;
- относительно малые габариты;
- легкость осуществления функций управления.

Если с помощью упоров можно изменять количественные характеристики движения (частота вращения и подача), то с помощью кулачков изменяют качественные (траектория). Кулачковые системы являются простейшими по схеме автоматики централизованными контурными системами (со сложным движением) незамкнутого типа (без информации о фактическом положении исполнительных устройств). Размеры кулачков ограничиваются габаритами станка, величина хода рабочего органа не превышает 120...200 мм для плоских кулачков и до 300 мм — для кулачков барабанного типа.

Профиль кулачка выполняется в соответствии с фазами движения ведомого звена механизма (суппорта). Как на дисковом, так и на цилиндрическом кулачках имеются участки быстрого подвода инструмента, рабочей подачи, остановки суппорта для зачистки обработанной поверхности, быстрого отвода и выстоя инструмента в исходном положении. Движение от кулачка к исполнительному органу передается системой рычагов, изменением длины плеч которых можно изменить длину и скорость хода исполнительного органа. Кулачковые СУ обеспечивают синхронизацию движений рабочих органов при выполнении цикла работы станка.

Кулачковые системы с распределительным валом являются самыми надежными из систем механического типа.

Копировальные системы (см. рисунок 6.2, б) получили распространение для обработки средних по размеру деталей с плоским и объемным криволинейным профилем. По количеству следящих движений копировальные системы подразделяются:

- на однокоординатные с независимой скоростью ведущего движения;
- однокоординатные с зависимой скоростью ведущего движения;
- многокоординатные.

Копировальная СУ станка включает программноноситель (копир), перемещающееся относительно копира считывающее устройство (щуп), передаточно-преобразующее устройство и исполнительные двигатели (гидромотор, электродвигатель, пневмоцилиндр, гидроцилиндр и т д), а также устройства обратной связи.

Существует два вида копировальных СУ: прямого, или механического (см рисунок 6.4), и следящего (гидравлическое, электрическое, электрогидравлическое) копирования. Различают копировальные системы: для плоского, контурного, объемного, комбинированного копирования с механической, гидравлической, электрической, фотоэлектрической СУ исполнительным движением инструмента.

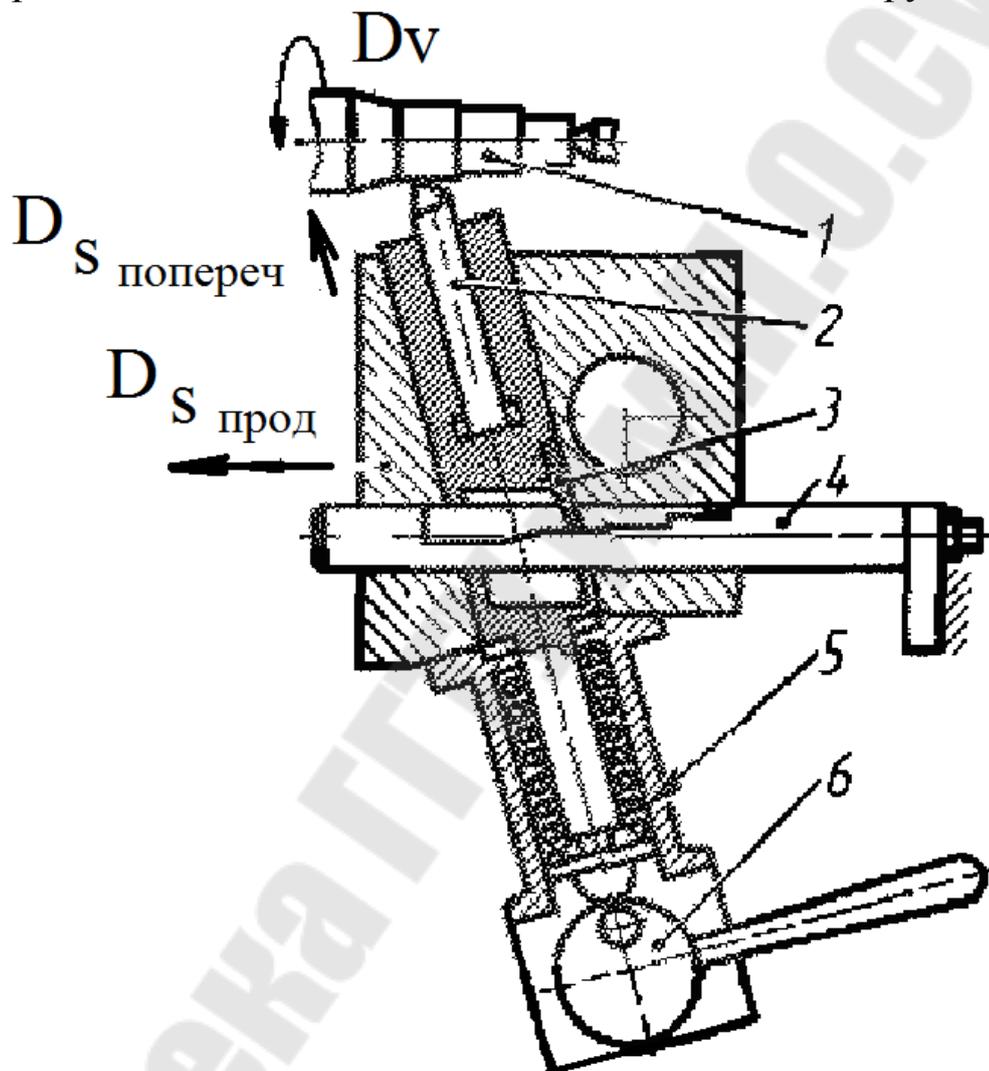


Рисунок 6.4 – Схема токарной обработки методом прямого копирования

Копировальные СУ прямого копирования из-за больших сил трения между копиром и щупом и быстрого износа копира позволяют выполнять только простые фасонные профили. В следящей копировальной системе управления сигнал, вырабатываемый копировально-измерительным прибором, воздействуя на регулируемый привод рабочего органа станка, производит требуемые перемещения этого органа. В настоящее время в качестве привода применяют механический привод с электромагнитными муфтами, регулируемый электропривод, регулируемый гидропривод.

С использованием гидравлических или электрических усилителей давление щупа на копир резко уменьшается, увеличивая долговечность копира, точность обработки и сложность получаемых профилей. Обеспечивается точность копирования $\pm 0,02$ мм при ошупывающем усилии 1...1.5 кг. Непрямое копирование осуществляется:

- методом слежения, когда при обходе контура копира, эталонной детали или чертежа происходит непрерывное регулирование соотношения скоростей подачи по разным координатам;

- методом «включено — выключено» с поочередным кратковременным включением подачи то по одной, то по другой координате (ход ступеньками)

В настоящее время на станках сигнал, вырабатываемый копировальным прибором, применяют для управления следящей и задающей подачами, величина результирующей подачи устанавливается постоянной.

Гидравлические следящие копировальные системы представляют собой системы автоматического регулирования. В гидравлических следящих копировальных системах исполнительными органами, перемещающими рабочие органы станка, являются гидроцилиндры. Управление работой гидроцилиндров осуществляется гидравлическим золотником. В гидравлических копировальных системах действительное перемещение суппорта с резцом при обтачивании детали непрерывно сравнивается с заданной программой обработки (копиром) и при отклонении движения суппорта от заданной программы дается сигнал об его устранении. При обработке на гидрокопировальных полуавтоматах получают высокую точность и низкую шероховатость поверхности детали (допуск 0,05...0,06 мм обычно соблюдается).

В однокоординатной следящей системе с дифференциальным цилиндром и однокромочным золотником (рисунок 6.5) масло под давлением подается насосом через штуцер 9 в меньшую — штоковую полость А гидроцилиндра 7. В поршне 8 гидроцилиндра имеется отверстие 6, через которое масло из полости А поступает в полость Б. Когда выход масла из полости Б закрыт золотником 4, то в полостях А и Б устанавливается одинаковое давление масла

Площадь поршня 8, на которую давит масло в бесштоковой полости Б гидроцилиндра, в два раза больше, чем в штоковой полости А, поэтому копировальный суппорт с инструментом перемещается к обрабатываемой детали до того момента, пока щуп 2 следящего зо-

лотника 4, упершись в копир 1, начнет перемещаться вверх. Когда шуп следящего золотника не упирается в копир 1, плунжер золотника 4, находясь в нижнем положении, закрывает отверстие для слива масла из полости Б в бак.

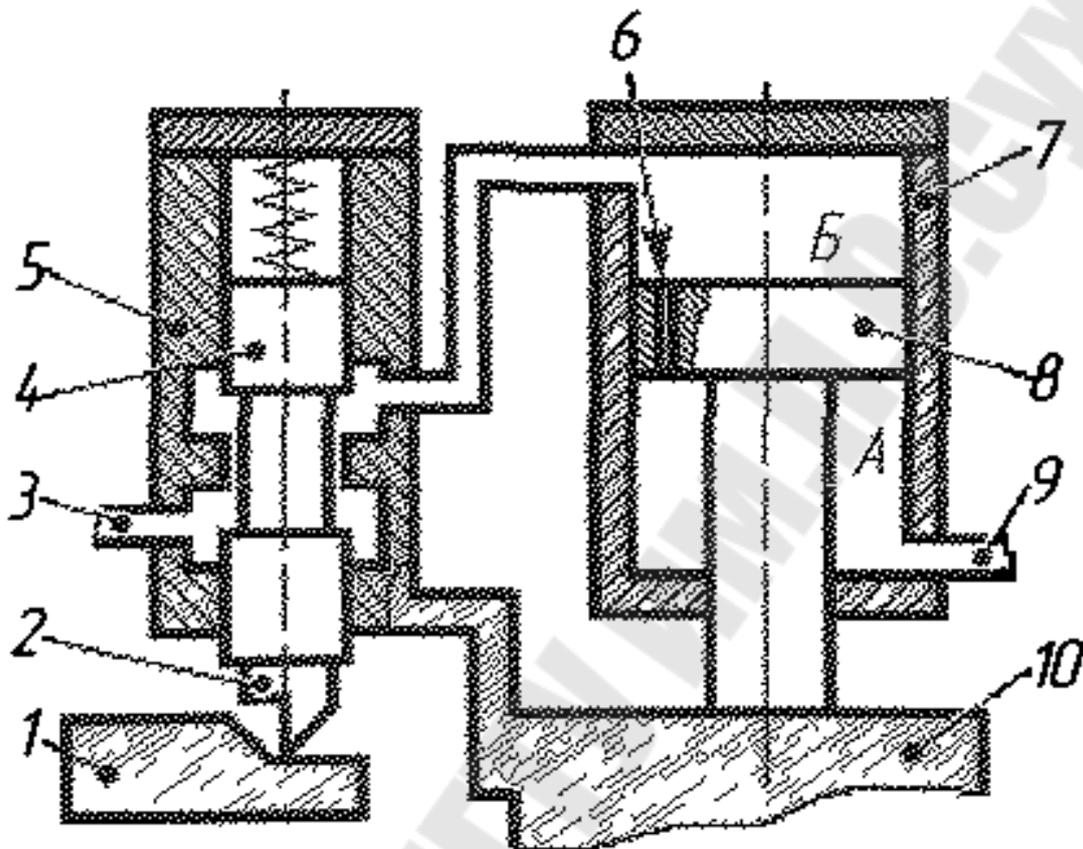


Рисунок 6.5 – Схема однокоординатной следящей системы с дифференциальным цилиндром и однокромочным золотником

Перемещаясь вверх, плунжер 4 открывает проходное отверстие в корпусе 5 золотника, и масло из верхней полости Б гидроцилиндра по трубопроводу поступает в корпус 5 следящего золотника и далее через нижнее отверстие 3 в корпусе сливается в бак. Давление в полости Б понижается, так как в поршне просверлено отверстие 6 небольшого диаметра и масло медленно перетекает из одной полости в другую. При соответствующем диаметре отверстия для пропуска масла в корпусе 5 следящего золотника в полости Б гидроцилиндра можно получить давление в два раза меньше, чем в полости А. В этом случае поршень 8 со штоком перемещаться не будет. При неподвижном поршне 8 суппорт 10 с резцом обрабатывает цилиндрическую поверхность детали только с продольной подачей.

При последующем перемещении по профилю копира шуп, нажимая на плунжер 4, перемещает его в корпусе 5 следящего золот-

ника. Когда плунжер 4, поднимаясь вверх, полностью откроет проходное отверстие, слив масла из полости Б в бак усилится и давление в полости Б уменьшится, а в полости А увеличится и поршень 8 со штоком и суппортом начнут перемещаться в поперечном направлении вверх от обрабатываемого вала.

Гидроцилиндр 7 связан с механизмом станка, выполняющим основное движение, поршень 8 через шток соединен с копирувальным суппортом 10, корпус 5 следящего золотника жестко соединен кронштейном с копирувальным суппортом 10 и перемещается вместе с ним.

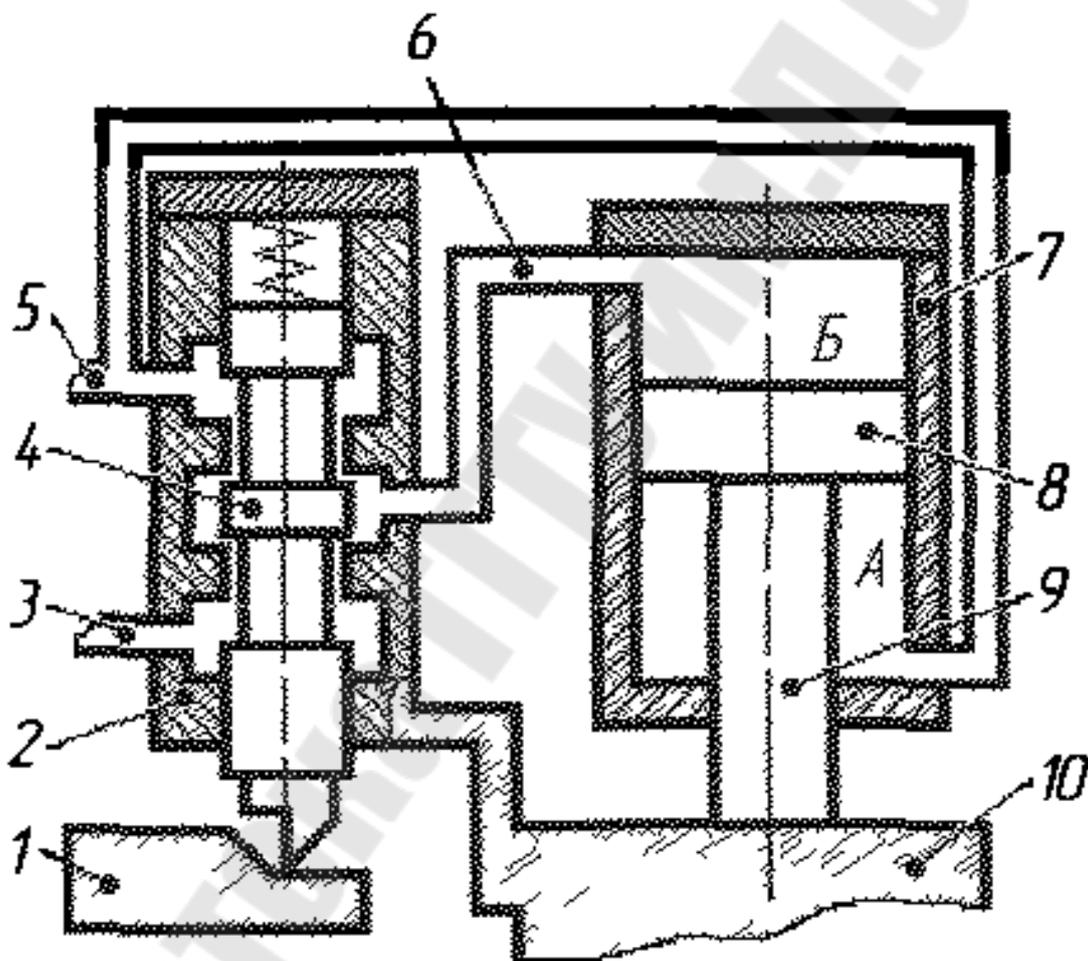


Рисунок 6.6 – Схема однокоординатной следящей системы с дифференциальным цилиндром и двухкромочным золотником

На рисунке 6.6 дана схема гидроконтрольной следящей однокоординатной системы с дифференциальным гидроцилиндром, но уже с двухкромочным золотником. Гидроцилиндр 7 неподвижен, а перемещается поршень 8 со штоком 9, жестко связанным с гидросуппортом 10 станка. Насос подает масло по трубопроводу 5 в корпус 2 золотника и в штоковую полость А гидроцилиндра. В этой системе

отверстия в поршне 8 нет, и поэтому масло из полости А в полость Б гидроцилиндра 7 не переливается. Пока шуп, связанный с плунжером 4 золотника, не касается копира 1, плунжер занимает в корпусе 2 золотника нижнее положение и пропускает масло из корпуса золотника по трубопроводу 6 в полость Б. Значит, масло поступает одновременно в обе полости гидроцилиндра.

Площадь поршня 8 в бесштоковой полости Б в два раза больше, чем в штоковой полости А, поэтому под действием масла поршень 8 со штоком и суппортом 10 перемещаются вниз к обрабатываемой детали. При движении шупа по копиру 1 плунжер 4 может занять такое верхнее положение, при котором подача масла из корпуса 2 золотника по трубопроводу 6 в полость Б гидроцилиндра прекратится. При этом следящей поперечной подачи не будет. Во время дальнейшего перемещения плунжера вверх масло из полости Б гидроцилиндра по трубопроводу 6 перемещается в корпус 2 золотника, а оттуда — на слив 3 в бак. При этом давление в полости Б понизится и гидросуппорт 10 со штоком 9 и поршнем 8 переместится от обрабатываемой детали вверх. Следовательно, при движении плунжера вверх или вниз под действием шупа, перемещающегося по копиру 1, происходит перекрытие выпускного или впускного отверстия в корпусе золотника, вследствие этого масло по трубопроводу подается в полость Б или выпускается из полости Б на слив. При этом за счет изменения давления в полостях А и Б гидроцилиндра и происходит перемещение поршня со штоком и суппортом к детали или от нее.

На рисунке 6.7 показана однокоординатная система с недифференциальным цилиндром и однокромочным золотником. В этой системе применяется гидроцилиндр 1 одностороннего действия. При подаче масла через канал 9 в полость А гидроцилиндра шток 2 перемещается вверх и осуществляется вертикальная следящая рабочая подача суппорта с резцом 8.

От насоса масло под давлением поступает одновременно в полость А гидроцилиндра и в корпус 5 следящего золотника. При отсутствии контакта между шупом 4 золотника и копиром 3 плунжер 7 под действием пружины находится в верхнем положении, закрывает отверстие и масло не может проходить через корпус золотника. В этот момент масло, поступающее в полость А, давит на шток 2 и перемещает его с суппортом станка 8 с поперечной подачей вверх.

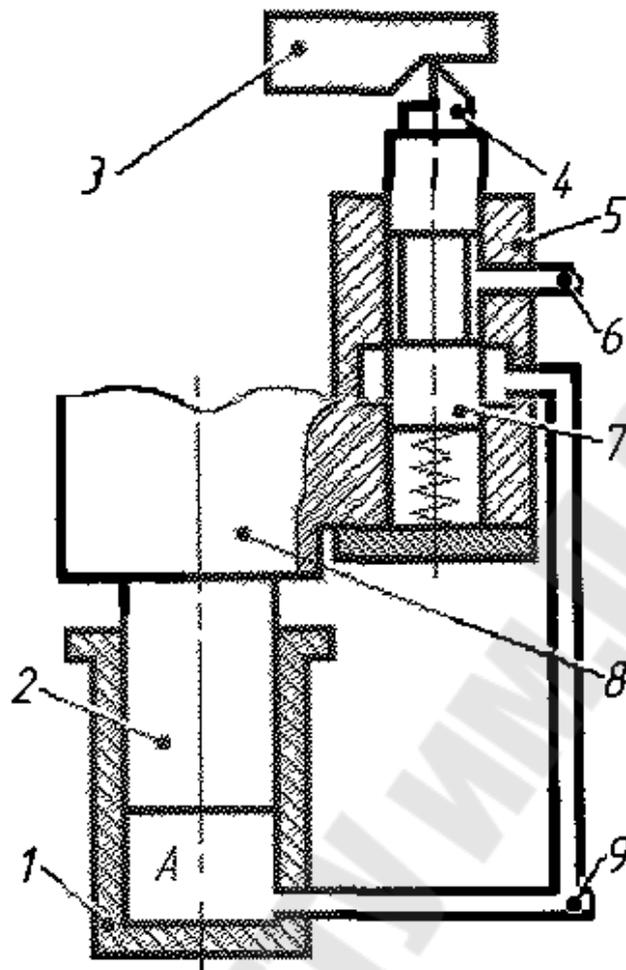


Рисунок 6.7 – Схема однокоординатной следящей системы с недифференциальным цилиндром и однокромочным золотником

При соприкосновении щупа 4 с копиром 3 плунжер 7 золотника под действием щупа переместится вниз и откроет отверстие 6 в корпусе для слива масла в бак. Во время дальнейшего опускания плунжера вниз отверстие в корпусе для слива масла полностью откроется и все масло, подаваемое насосом в корпус 5 золотника, сольется по трубопроводу в бак. При таком положении плунжера в корпусе золотника не происходит вертикальной подачи рабочего органа станка, который находится в нужном положении. Вследствие слива масла из золотника в бак давление масла в полости А гидроцилиндра 1 уменьшится, шток 2 под действием веса суппорта станка переместится вниз и деталь резцом обрабатываться не будет.

Гидравлические следящие копировальные системы с недифференциальным гидроцилиндром обеспечивают высокую точность копирования и имеют большую жесткость, но они довольно сложны в изготовлении и стоят дорого. Они применяются на станках при чи-

стовой обработке деталей. Гидравлические следящие копировальные системы с дифференциальным гидроцилиндром при меньшей точности проще в изготовлении и дешевле. Они применяются на станках при черновой обработке деталей.

Гидравлические следящие копировальные системы в зависимости от назначения бывают одно-, двух- и многокоординатные. На станках с однокоординатными гидравлическими следящими копировальными системами координатное перемещение суппортов производится только по оси X , а перемещение суппорта по второй координате Z осуществляется другим механизмом с постоянной скоростью.

В конструкцию двухкоординатной следящей системы входят два гидравлических цилиндра с золотниками, синусный распределитель, измерительное устройство и механизм для автоматического управления положением распределителя. Двухкоординатные следящие системы применяются в металлорежущих станках, где требуется, чтобы обе подачи — продольная и поперечная — автоматически управлялись копиями и соответствующими механизмами. По сравнению с однокоординатными двухкоординатные системы имеют более сложное устройство и применяются для обработки фасонных поверхностей с углом подъема профиля до $+90^\circ$; подача рабочего органа станка с режущим инструментом должна производиться по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Двухкоординатные следящие системы применяются на фрезерных станках, токарно-копировальных полуавтоматах и т.д.

Гидравлическая следящая система двухкоординатного копирования с автоматическим регулированием скорости продольной подачи, схема которой показана на рисунке 6.8, применяется на токарно-копировальных полуавтоматах моделей 1722-1732 и обеспечивает постоянную скорость результирующей подачи суппорта 11 за счет автоматического изменения поперечной и продольной копирной подачи.

Щуп 9 гидравлического золотника, скользя по профилю копира 10, нажимает на золотник 8 и перемещает его в соответствии с профилем копира. При этом золотник открывает одно из отверстий в корпусе 7 золотника, через которое масло, качаемое насосом 12, подается в одну из полостей гидроцилиндра 4 поперечной подачи копировального суппорта 11. Шток 5 гидроцилиндра 4 перемещается в том же направлении, что и щуп 9 с золотником 8. При подаче масла в

верхнюю полость гидроцилиндра 4 масло из его нижней полости вытесняется и, пройдя через корпус 7 и трубопровод, сливается через дроссель 13 в бак.

Корпус 7 золотника 8 жестко соединен через угольник 6 и шток 5 с суппортом, который перемещается до тех пор, пока не закроется проходное сечение между золотником 8 и корпусом 7, по которому масло поступает в одну из полостей гидроцилиндра 4 поперечного перемещения копировального суппорта 11. Следовательно, перемещение суппорта и шупа 9 взаимосвязаны.

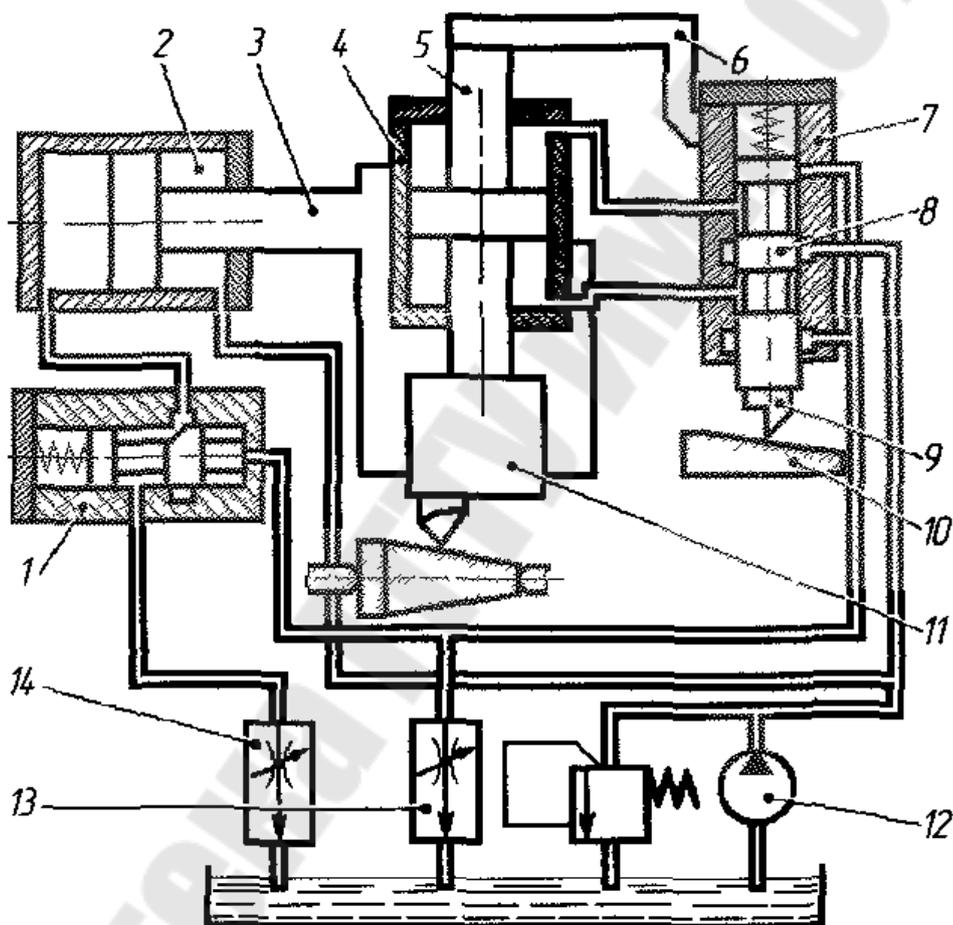


Рисунок 6.8 – Схема следящей гидравлической двухкоординатной копировальной системы токарно-копировальных полуавтоматов

Шток 3 гидроцилиндра 2 связан с кареткой суппорта 11 и при обтачивании детали перемещает ее по продольным направляющим станка. При перемещении в гидроцилиндре 2 штока 3 с поршнем влево масло насосом 12 подается в правую полость гидроцилиндра. Из левой полости гидроцилиндра масло выжимается и, пройдя через автоматический регулятор 1 и дроссель 14 продольной подачи, сливается в бак. Автоматический регулятор 1 является двухступенчатым зо-

лотником. На ступени золотника большего диаметра есть лыски для дросселирования масла, а на торец ступени золотника меньшего диаметра давит масло, вытекающее из левой полости гидроцилиндра.

Соотношения и значения скоростей движения копировального суппорта 11 в поперечном и продольном направлениях устанавливаются дросселями 13 и 14. При обтачивании фасонной или конусной поверхности золотник автоматического регулятора 1 устанавливается в положение, соответствующее такому соотношению скоростей продольной и поперечной подачи, которое обеспечивает постоянную величину результирующей подачи, направленной по касательной к профилю обрабатываемой детали. Постоянство результирующей подачи обеспечивается тем, что с увеличением поперечной подачи давление масла перед дросселем 13 повысится и передастся на золотник автоматического регулятора 1, а золотник переместится вниз. При этом проходное сечение между лысками золотника и корпусом автоматического регулятора 1 уменьшается, поэтому скорость продольной подачи каретки снижается.

Применение двухкоординатной гидравлической следящей системы с автоматическим регулированием скорости продольной подачи позволяет получить различные соотношения скоростей продольной и поперечной подач суппорта. С помощью данной системы можно обтачивать по копиру цилиндрические и торцевые поверхности ступенчатых деталей при установке суппорта с резцом перпендикулярно к оси центров станка

Копировальные электромеханические следящие системы состоят из контактного или бесконтактного электрического датчика, промежуточного устройства и исполнительного привода в виде электромагнитных муфт или электродвигателя постоянного тока. Наиболее часто применяются системы электроконтактного вида, в которых копировальный палец скользит по профилю шаблона.

В конструкцию электрогидравлической копировальной системы входят электрический датчик, электрогидравлическое промежуточное устройство и гидравлический двигатель (гидроцилиндр). Эти системы применяются в станках с ЧПУ.

Пневмогидравлические следящие копировальные системы применяются для автоматизации цикла управления универсальными металлорежущими станками. В отличие от гидравлических следящих систем, работают без насосной станции. Гидропневматическое копировальное устройство может обеспечить точность копирования до

0,005 мм и шероховатость поверхности до $Ra = 1,5$ мкм.

Копировальные станки применяются в серийном производстве. Их недостатком является высокая стоимость копиров, но она имеет тенденцию к снижению. Сейчас аналогичную обработку выполняют на станках с ЧПУ.

Общим сходством и недостатком СУ с аналоговыми программноносителями является их недостаточная мобильность. При изменении программы надо заново выполнить ее в виде физической модели, для чего приходится делать новые кулачки, шаблоны, копиры, заново налаживать станок, переставив упоры или конечные выключатели, или изменять положение управляющих элементов командоаппарата. Станки с такими системами иногда недостаточно универсальны даже для серийного производства, если объекты производства часто меняются: при низкой мобильности оборудования будут наблюдаться значительные простои при переналадке.

6.4. Цикловое программное управление

Основная, особенность станка с цикловым программным управлением (ЦПУ) — наличие автоматической системы управления циклом рабочих и вспомогательных движений. Для этого чаще всего применяют штекерные панели и коммутаторы, выполняющие роль программноносителя. При этом изменение частоты вращения шпинделя и величины подач производят с помощью рукояток.

На штекерной панели имеются горизонтальные и вертикальные ряды отверстий, в которые вставляют специальные контактные стержни - штекеры. У фрезерного станка с ЦПУ модели 6Л12П каждое гнездо штекерной панели (рисунок 9, б) состоит из двух половинок, присоединенных к проводам электрической цепи.

Гнезда размещены в несколько рядов. Все верхние половинки штекерных гнезд каждого вертикального ряда присоединены к общему проводу, идущему к одному из контактов шагового искателя (на рисунке справа). Нижние половинки гнезд соединены с катушками реле Р1, Р2, Р3 и т.д., а обмотки катушек — с общим проводом, идущим к контакту К1 схемы. Если контакты К1 и К2 присоединить к источнику электрического тока, то при условии, что в гнезда первого ряда панели будут вставлены штекеры, катушки реле Р1 и Р6 будут включены в электрическую цепь.

С помощью этих реле можно подать две команды, например для включения быстрого хода стола станка влево. Реле Р1 будет в этом

случае подавать команду на включение подачи стола влево, реле P2 включит ускоренный ход. Чтобы перейти к следующей части цикла, электромагнит Э шагового искателя должен повернуть рычаг с собачкой храпового механизма. Собачка повернет на определенный угол храповое колесо, и щетка Щ переместится к контакту 2, включит в электрическую цепь второй вертикальный ряд штекерной панели, в котором имеется один штекер. Реле P1 включит рабочую подачу влево.

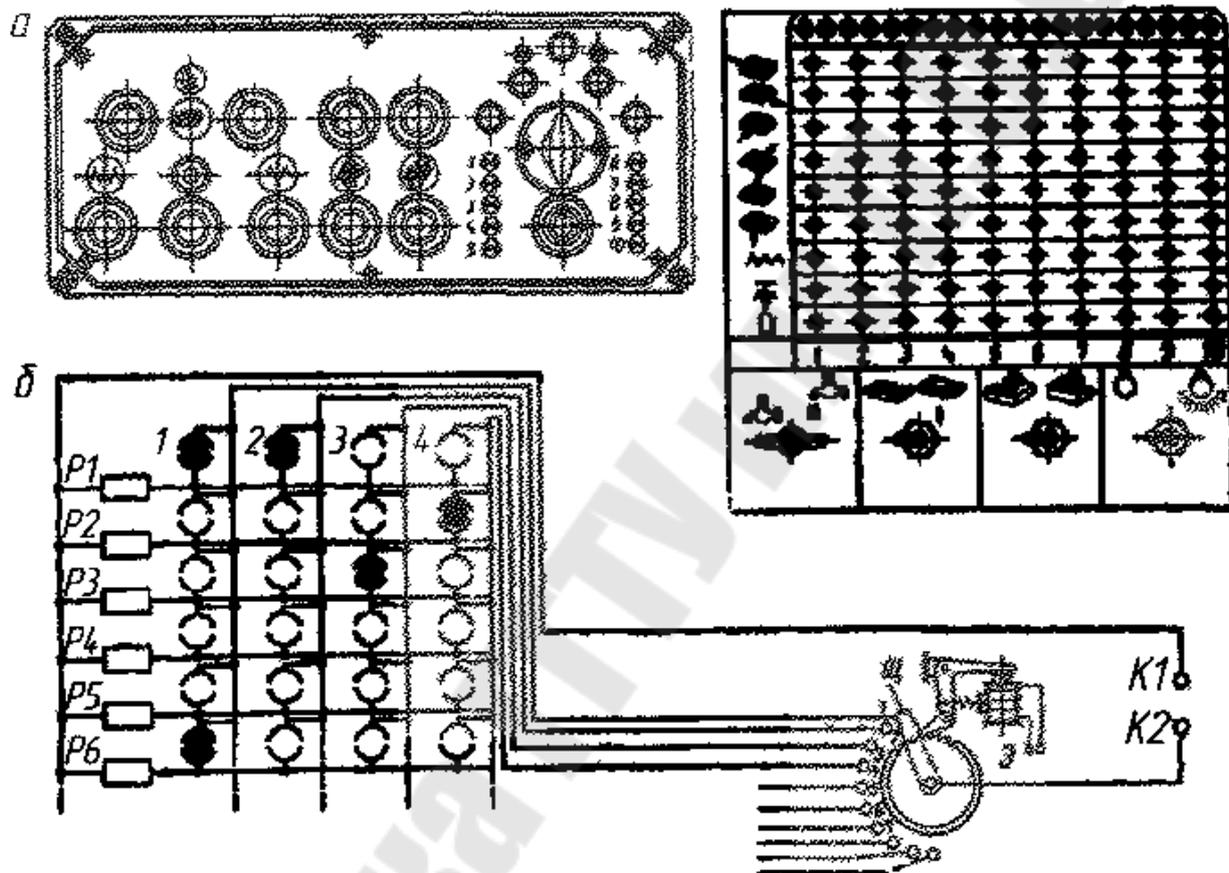


Рисунок 6.9 – Цикловое программное управление фрезерного станка: а - пульт управления и штекерная панель, б — штекерный коммутатор

При следующем срабатывании шагового искателя, который включается автоматически после выполнения каждого элемента цикла, через штекер третьего ряда включится реле P3 (например, для перемещения стола с салазками вперед) и т.д. Расставляя в нужном порядке штекеры в гнездах панели, можно получать различную последовательность движений станка.

Число элементов цикла, которое можно запрограммировать на панели, зависит от числа рядов гнезд. У станка модели 6Л12П имеется 10 вертикальных рядов гнезд, следовательно, его рабочий цикл

можно построить из 10 различных элементов.

Пример расстановки штекеров для обработки поверхностей и паза в заготовке простой формы показан на рисунке 6.10. Станок выполняет следующую программу: 1 — быстрый ход стола влево; 2, 4 — рабочая подача влево; 3 — опускание консоли; 5 — быстрый ход салазок вперед; 6 — подъем консоли; 7 — рабочая подача стола вправо; 8 — быстрый ход консоли вниз; 9 — быстрый ход стола вправо; 10 — возврат частей станка в исходное положение и остановка. На рисунке показаны все перечисленные элементы цикла.

Длина перемещений системой управления станком не устанавливается, поэтому эту часть программы задает наладчик, расставляя упоры, ограничивающие перемещения стола, салазок и консоли станка. Упор действует на конечные выключатели, управляющие электромагнитными муфтами коробки подач. Муфты включают и выключают рабочие и ускоренные подачи.

Конечные выключатели размещены группами в блоках по 12 контактов. 10 из них служат для работы по программе, их число соответствует числу элементов цикла. Два контакта предназначены для остановки в конце хода и ограничивают максимальные перемещения узлов станка.

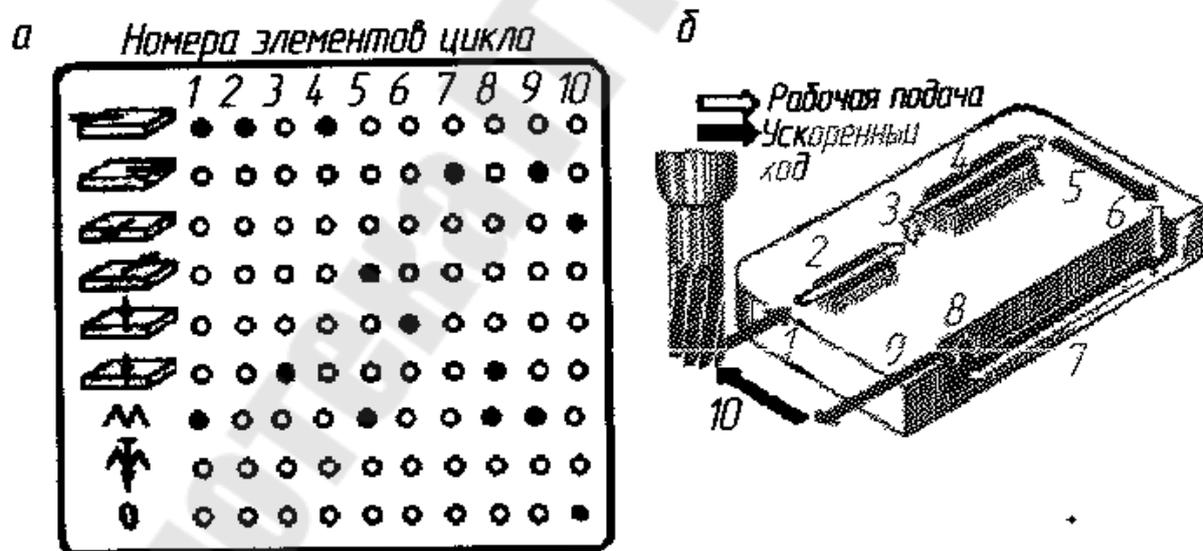


Рисунок 6.10 – Расстановка штекеров на панели и выполнение обработки по этой программе

Расстановку упоров выполняют разными способами. Если требования к точности размеров заготовки невысокие, можно задать положение упоров по первой заготовке из партии, обрабатываемой с

ручным управлением станка. Более точную расстановку упоров выполняют по имеющимся на станках масштабным линейкам и нониусам. На некоторых станках применяют оптические устройства для точных перемещений. Хорошие результаты дает применение сменных панелей упоров. Расстановку упоров на панели в этом случае выполняют вне станка во время его работы.

Более широкими технологическими возможностями располагают системы ЦПУ, позволяющие задавать программы для сложных циклов, содержащих до 24 элементов. Программоносителем для этих станков служит штекерный коммутатор, выполненный в виде поворотного барабана. В гнезда барабана вставляют штекеры в соответствии с заданной программой выполнения переходов.

Первые 10 гнезд каждого ряда служат для управления направлением движения стола (влево, вправо, вперед, назад, вверх, вниз), включения быстрого хода стола, быстрого хода с автоматическим отводом фрезы от обрабатываемой поверхности, включения замедленной подачи и остановки стола. Следующие 24 гнезда каждого ряда служат для установки штекеров, включающих конечные выключатели при выполнении очередного перехода.

Приведенный пример не исчерпывает технологических возможностей систем с ЦПУ. Они позволяют обрабатывать в любой последовательности различные ступенчатые поверхности, в том числе за несколько рабочих ходов, выполнять маятниковый и скачкообразный циклы, обрабатывать заготовки по наружному и внутреннему замкнутому контурам (цикл «рамка»), растачивать отверстия в заготовках корпусных деталей, фрезеровать шпоночные пазы и выполнять другие работы при перемещении стола, салазок и консоли.

Системы с ЦПУ по простоте переключения режимов работы занимают промежуточное положение между станками с аналоговым и числовым программированием, хотя и не избавлены от недостатков работы станка по упорам.

6.5. Числовое программное управление

Станки с числовым программным управлением явились новым техническим направлением в создании переналаживаемого оборудования. В этих станках программа работы задается в числовой форме. Для непосредственного введения в станок ее наносят на бумажный, магнитный или другой носитель. Проще всего, когда команды записываются на жестком диске ЭВМ станка или компьютера, управляю-

щего группой станков, на дискете или флэш-карте. Возможен набор программы непосредственно на клавиатуре блока управления станка. Разработка программы ведется на основе чертежа детали. Устройством ЧПУ в соответствии с управляющей программой информация передается и используется в вычислительном цикле, в результате чего формируются реальные команды на обработку.

В целом устройство ЧПУ включает в себя широкий круг составляющих:

- устройство ввода и хранения системного программного обеспечения;
- устройство ввода и хранения управляющей программы;
- интерпретатор кадров;
- интерполятор положения управляемых объектов;
- устройство управления приводом главного движения;
- устройство логического управления приводом, скоростью и т.п.;
- устройство коррекции работы в связи с изменением размеров инструментов,
- устройство смены инструментов;
- устройство коррекции погрешностей оборудования и измерительных устройств,
- устройство адаптивного управления обработкой;
- устройство для накопления статистической информации;
- устройство автоматического контроля обработки.

В случае использования цифрового метода управления программа дает лишь методическую погрешность, допущенную при расчете программы. Эта погрешность может быть доведена до какой угодно малой величины. Поэтому при цифровом управлении можно обеспечить обработку поверхностей любой сложности с высокой степенью точности. На станках для получения сложных движений рабочих органов не нужны кинематические связи, и это упростило их. Длинные кинематические цепи уступили место коротким. Качественно новым в станках с ЧПУ является возможность увеличения числа одновременно управляемых координат. Появились новые компоновки станков с широкими технологическими возможностями при автоматическом управлении. Созданы предпосылки для комплексной автоматизации.

Трудоемкость изготовления задающего документа, определяемая временем выполнения расчетов, во много раз меньше трудо-

емкости изготовления кулачков, копиров и тому подобной оснастки. Трудоемкость расчетов программы сокращается в разы при использовании современных счетных аналитических машин. Поэтому метод цифрового управления создает условия для широкой автоматизации процессов обработки в мелкосерийном и даже единичном типах производства, в том числе в опытных цехах и цехах, изготавливающих оснастку. Внедрение ЧПУ позволяет автоматизировать не только обработку, но и контроль, внедрив лучшую его форму — активный контроль. Это позволяет провести комплексную автоматизацию механической обработки, составной частью которой является операционный контроль.

Системы управления станков с ЧПУ бывают позиционными (определяют не траекторию инструмента, а только исходную и конечную точки — сверлильные и расточные станки), контурными (для получения сложных профилей — токарные, фрезерные, электроэрозионные станки) и универсальными или комбинированными (контурно-позиционными, которые помнят о положении инструмента, для обрабатываемых центров).

Существует три типовые системы ЧПУ станками: незамкнутая, относительно простая, но нет обратной связи; замкнутая, которая сравнивает теоретическое и фактическое положение рабочего органа и корректирует его; самоприспосабливающаяся, которая кроме прочего, учитывает параметры обработки: крутящий момент, уровень колебания узлов, температуру режущей кромки инструмента и т.д. — и вводит поправки в работу станка на основании этих факторов.

Позиционирование инструментов в замкнутой схеме управления станков с ЧПУ достигается сравнением запрограммированного положения с фактическим положением, которое фиксируется измерительными устройствами. Измерительные устройства работают по аналоговому или числовому принципу. Наиболее распространены измерительные устройства с фотоэлектрическими и индуктивными (индуктосины) датчиками. В работе измерительных устройств различают задание величин в абсолютных значениях и в приращениях. При задании величин в приращениях определяется разность между идущими друг за другом положениями, а при задании величин в абсолютных значениях — расстояние от опорной точки. Способ задания величин в приращениях более прост, но менее точен при повторном позиционировании. Комбинацией обоих способов является циклическое задание величин в абсолютных значениях.

Под системой ЧПУ понимают совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технических и программных средств, обеспечивающих числовое программное управление станком.

Управление станком может выполняться по-разному: существуют индивидуальное или групповое программное управление станками. Система программного управления может быть самоприспосабливающейся и интегрированной (управление группой станков и вспомогательным технологическим оборудованием от общей вычислительной системы).

Системы ЧПУ в своем развитии уже прошли несколько этапов, определяемых уровнем развития электронной техники:

- релейно-контакторную и транзисторную базы;
- микросхема малой и средней степени интеграции;
- мини-ЭВМ и микропроцессорные наборы;
- большие интегральные схемы (БИС) памяти.

Различают следующие виды программного управления:

- NC (Numerical control) — управление обработкой на станке по программе, заданной в алфавитно-цифровом коде — то, что называют ЧПУ,

- HNC (Hand NC) — разновидность устройства ЧПУ с ручным заданием программы с пульта устройства (на клавишах, переключателях и т.п.),

- SNC (Speicher NC, Memory NC) — разновидность устройства ЧПУ, имеющая память для хранения всей управляющей программы,

- CNC (Computer numerical control) - автономное управление станком с ЧПУ, содержащее ЭВМ или процессор;

- DNC (Direct numerical control) -- управление группой станков от общей ЭВМ, осуществляющей хранение программ и распределение их по запросам от устройств управления станков (у станков могут быть установлены устройства типов NC, SNC, CNC).

Системы ЧПУ классифицируются:

- на незамкнутые, замкнутые, самоприспосабливающиеся;
- позиционные, прямоугольные, контурные, универсальные;
- по типу привода;
- по числу одновременно управляемых координат.

Общая тенденция совершенствования современных устройств ЧПУ — это повышение скорости переработки в них информации вследствие чего уменьшается дискретность систем при одновре-

менном увеличении скоростей рабочих подач и холостых перемещений. В новых устройствах ЧПУ обеспечена возможность ввода информации в абсолютных координатах и в приращениях.

Основные блоки и узлы устройства ЧПУ. В состав УЧПУ входят следующие основные блоки: задания, вычислительный, команд, преобразования, сравнения. Блок задания состоит из считывающего устройства, промежуточной буферной памяти, дешифрирующего устройства и контролирующих устройств.

Считывающее устройство (СУ) обеспечивает покадровое или непрерывное движение ленты относительно считывающих элементов, воспроизведение информации, записанной на программноносителе в кодированном виде, а также и ее преобразование в электрические сигналы.

В устройствах считывания с перфоленты заложены следующие способы считывания.

Электромеханический контактный способ основан на использовании металлических щеток. В момент прохождения отверстия перфоленты под щеткой происходит замыкание контакта электрической цепи. Этот способ характеризуется большим износом программноносителя, и в новых системах ЧПУ не применяется.

Фотоэлектрический способ считывания основан на изменении проводимости фотоэлементов (фотодиодов) в момент попадания на них луча, поступающего через фокусирующую линзу от осветителя через отверстие в перфоленте. Фотоэлектрические считывающие устройства могут считывать от 300 до 1500 строк/с и более. Перемещение перфоленты осуществляется фрикционными валиками, вращающимися от асинхронного двигателя. Отверстия в синхрондоржке при этом способе считывания используются для формирования синхронизирующих сигналов, определяющих прохождение отдельных строк перфоленты.

Считывание кодированной информации с магнитной ленты осуществляется магнитной головкой, состоящей из магнитопровода, на котором выполнена обмотка. При движении магнитной ленты относительно зазора кольцевого сердечника часть магнитного потока элементарных магнитных частиц ленты замыкается через сердечник, наводя на обмотке ЭДС. Движение магнитопротяжным механизмом, конструкция которого аналогична, используемой при фотоэлектрическом способе.

При воспроизведении информации с магнитной ленты или с

перфоленты используют СУ с последовательным поочередным считыванием всего кадра. Лентопротяжный механизм работает в старт-стопном режиме. Ввод информации, т.е. движение ленты и считывание с нее данных, осуществляется до момента прихода адреса «Конец кадра». При этом движение ленты прекращается и станок с ЧПУ начинает обрабатывать введенную информацию.

Промежуточная (буферная) память - это устройство запоминания информации, считанной с последующего по порядку кадра, во время отработки УЧПУ предыдущего кадра. Необходимость такого блока возникает при частой смене кадров и недопустимости остановки режущего инструмента при отходе от контура. Буферная память сокращает машинное время обработки.

Дешифрирующее устройство служит для преобразования управляющей кодированной информации программносителя в управляющие сигналы, строго соответствующие коду, принятому в логических блоках УЧПУ. Дешифрирующее устройство выполнено на диодных сетках или матрицах, где контакты реле заменены полупроводниковыми элементами, обладающие большой надежностью и быстродействием.

Распределительное устройство распределяет последовательно считываемую с программносителя информацию по соответствующим блокам системы управления.

Контролирующие устройства предназначены для выявления ошибок при вводе информации. В них заложены различные методы логического контроля, основанные на избыточности вводимой информации. Наиболее распространен способ контроля четности числа пробивок в строке.

Вычислительный блок (ВБ) - один из наиболее важных узлов УЧПУ - предназначен для расчета различных прямолинейных и криволинейных контуров. Этот блок выполняет ряд сложных технологических задач: многокоординатную обработку; автоматическое выполнение вспомогательных функций; технологические циклы; смещение нуля; коррекцию режима обработки и положения инструментов с пульта УЧПУ и т.д.

Основным устройством ВБ является интерполятор. Например, линейный интерполятор обеспечивает перемещение исполнительных органов станка между двумя опорными точками по прямой линии.

Блок команд принимает с программносителя и передает в систему различные команды цикловой автоматики. К ним относятся

команды на смену инструмента, включение и выключение оборотов шпинделя, включение подачи и другие команды, кодируемые в кадре под адресом М. Вся эта информация с блока задания, минуя ВБ, попадает непосредственно в блок команд.

Блок преобразования преобразует информацию, представленную в одном виде в другой вид задания этой же информации. Вся информация в УЧПУ может быть представлена в цифровом (дискретном) или аналоговом (непрерывном) виде. Оперирование информацией в УЧПУ осуществляется как в цифровых, так и в аналоговых сигналах.

Блок сравнения сравнивает сигнал, поступающий с блока задания и отражающий заданную величину, с сигналом, поступающим с ДОС и отражающим фактическую величину. После сравнения блок вырабатывает результирующий сигнал, абсолютная величина которого равна алгебраической сумме двух указанных сигналов.

7. СТАНКИ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Токарные станки предназначены для обработки резцами наружных и внутренних цилиндрических, конических, фасонных и торцовых поверхностей тел вращения, для нарезания резьб резцами, метчиками, плашками и другими инструментами; для сверления, зенкерования и развертывания отверстий, для накатывания и т.д.

Эти станки являются самыми распространенными из металлообрабатывающих станков. Среди них преобладают универсальные токарно-винторезные станки, применяемые в единичном и серийном производстве. Из универсальных станков выделяют только токарные станки (без ходового винта). На них выполняют все перечисленные виды работ, кроме нарезания резьбы резцами. Выпускают также специализированные станки, например, для обработки коленчатых валов, труб и других деталей для автомобилей, тракторов, в условиях массового производства.

Структурная схема токарно-винторезного станка представлена на рисунке 7.1.

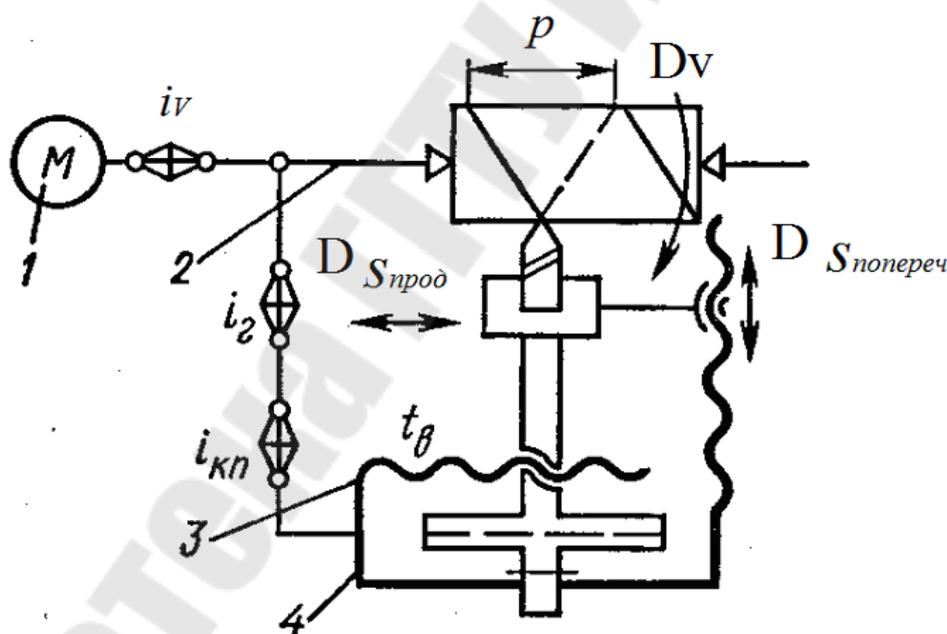


Рисунок 7.1 – Структурная схема токарно-винторезного станка

Токарные станки характеризуются двумя параметрами: наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки над направляющими станины (100...5000 мм) и наибольшей длиной заготовки (125...24000 мм).

К группе токарных станков относятся также: токарно-револьверные станки, токарно-карусельные станки, токарно-копировальные станки, токарно-револьверные автоматы и полуавтоматы и токарно-затыловочные станки.

Токарно-револьверные станки предназначены для изготовления мелких деталей из прутка, а также для обработки в патроне. Они позволяют обрабатывать заготовку одновременно несколькими режущими инструментами.

Токарно-карусельные станки позволяют обтачивать заготовки крупных деталей, у которых радиальные размеры больше размеров вдоль оси.

К отдельным типам токарных станков относятся одношпиндельные и многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы. На таких станках обрабатывают мелкие детали из прутка или штучных заготовок большими партиями.

Токарно-затыловочные станки предназначены для выполнения основных видов токарных работ и для затылования поверхностей и зубьев на деталях.

Во всех токарных станках главным движением является вращение заготовки. Движением подачи является прямолинейное перемещение режущего инструмента вдоль или поперек оси обрабатываемой заготовки.

7.1. Токарно-винторезные станки

Токарно-винторезные имеют практически однотипную компоновку, примером может служить станок модели 16К20.

Основными узлами токарно-винторезного станка являются: станина; передняя бабка, в которой размещена коробка скоростей и шпиндельный узел; коробка подач; резцедержатель; фартук; задняя бабка; поперечные салазки.

Станина служит для монтажа всех основных узлов станка и является его основанием. Наиболее ответственной частью станины являются направляющие, по которым перемещаются каретка суппорта и задняя бабка.

Передняя шпиндельная бабка закреплена на левом конце станины. В ней находится коробка скоростей станка, основной частью которой является шпиндель. Шпиндель и все валы установлены на опорах качения. В некоторых станках коробка скоростей размещена в тумбе станины. В этом случае она связана со шпинделем ременной передачей. Такие станки называют станками с разделенным приводом.

Задняя бабка предназначена для поддержания обрабатываемой заготовки при работе в центрах, а также для закрепления режущего

инструмента при обработке отверстий (сверл, зенкеров, разверток) и нарезания резьбы (метчиков, плашек). Задняя бабка станка имеет плиту и может перемещаться по направляющим станины. В отверстии корпуса задней бабки имеется выдвижная пиноль.

Коробка подач служит для передачи вращения от шпинделя или от отдельного привода ходовому валу или ходовому винту, а также для изменения их частоты вращения для получения необходимых подач или определенного шага при нарезании резьбы резцом. Это достигается изменением передаточного отношения коробки подач. Коробка подач связана со шпинделем станка гитарой со сменными зубчатыми колесами.

Фартук предназначен для преобразования вращательного движения ходового вала или ходового винта в поступательное движение суппорта, а также для периодического включения либо автоматической подачи, либо маточной гайки для нарезания резьбы резцом.

Суппорт служит для закрепления режущего инструмента и сообщения ему движений подачи. Суппорт состоит из каретки (нижних салазок), которая перемещается по направляющим станины; поперечных салазок, перемещающихся по направляющим каретки; поворотной части с направляющими, по которой перемещается резцовая каретка. Поворотную часть суппорта можно устанавливать под углом к линии центров станка.

Резцедержатель станка можно фиксировать и надежно закреплять на резцовой каретке. Он предназначен для крепления инструмента и различных резцовых державок.

7.1.1. Токарно-винторезный станок

Токарно-винторезный станок модели 16К20 предназначен для выполнения различных токарных работ: наружного продольного и поперечного точения; нарезания левой и правой метрической, дюймовой, одно- и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом, нарезания торцовой резьбы; обработки фасонных поверхностей и конусов; отрезания заготовок; обработки отверстий и т.д.

Станок 16К20 имеет широкие технологические возможности, на нём можно обрабатывать заготовки, как из незакаленной, так и закаленной стали. В качестве шпиндельных опор применены подшипники особо высокой точности. Поэтому станок имеет повышенную жесткость конструкции. Это позволяет вести обработку с большими силами резания, полностью используя мощность привода. На рисунке 7.2

представлены схемы основных видов обработки на токарно-винторезном станке.

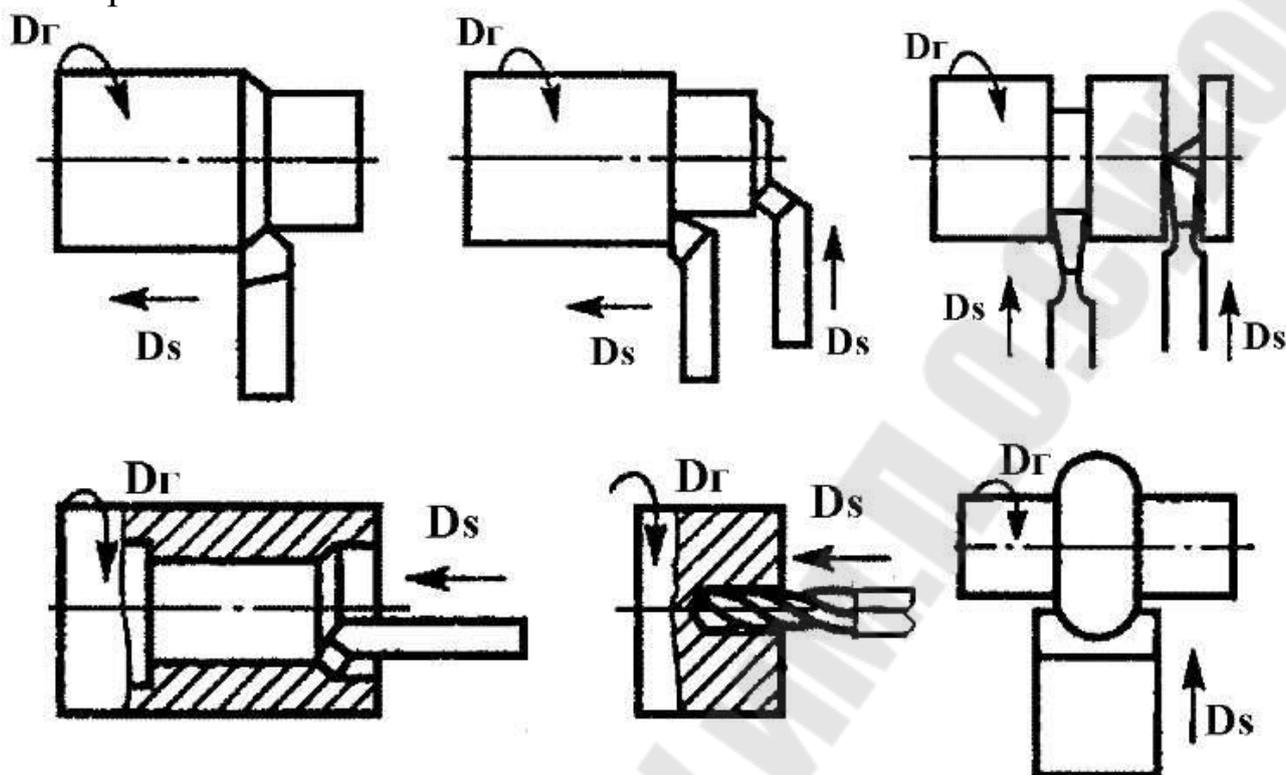


Рисунок 7.2 – Основные вида обработки на токарно-винторезном станке

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:
над станиной 400 мм,
над суппортом 200 мм;
- наибольший диаметр обрабатываемого прутка, проходящего через отверстие шпинделя: 50 мм;
- число скоростей шпинделя: 22;
- пределы частот вращения шпинделя: 12,2-1600 об/мин;
- предельная подача:
продольная 0,05-2,8 мм/об,
поперечная 0,025-1,4 мм/об;
- шаг нарезаемой резьбы:
метрической 0,5-112 мм,
дюймовой ниток на 1" - 56-0,5;
- мощность электродвигателя: 10 кВт;
- частота вращения вала электродвигателя: 1460 об/мин.

Основные узлы станка: Д – станина; А – передняя шпиндельная

бабка, в которой размещена коробка скоростей; Е – коробка подач; Г – суппорт с резцедержателем и фартуком; В – задняя бабка (рисунок 7.3).

Движения в станке: главное движение - вращение шпинделя с заготовкой; движение подач - перемещение каретки в продольном и салазок в поперечном направлении; вспомогательные движения: быстрые перемещения каретки в продольном и салазок в поперечном направлениях от отдельного привода и др.

Кинематическая схема станка (рисунок 7.4). Привод главного движения состоит электродвигателя, клиноременной передачи и коробки скоростей. Станок должен быть налажен на заранее подобранную по режимам резания частоту вращения шпинделя с заготовкой.

Конечные звенья цепи главного движения: эл. двигатель – шпиндель.

Расчётное перемещение цепи главного движения:

n об/мин эл.дв. \rightarrow n об/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса привода главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{кс} = n_{шпн}.$$

Привод продольных подач состоит из звена увеличения шага, механизма реверса, гитары сменных колес, коробки подач и механизма передач фартука.

Конечные звенья цепи привода подачи: 1 оборот шпинделя – суппорт станка.

Расчётное перемещение цепи привода подач:

1 оборот шпинделя \rightarrow S , мм/об суппорта.

Уравнение кинематического баланса привода подач в общем виде:

$$1_{об.шпн} \cdot i_z \cdot i_{кп} \cdot i_{ф} \cdot (\pi \cdot m \cdot z) = s.$$

При нарезании резьбы уравнение кинематического баланса привода подачи в общем виде имеет следующий вид:

расчётное перемещение:

$$1_{об.шпн} \rightarrow p;$$

уравнение кинематического баланса:

$$1_{об.шпн} \cdot i_z \cdot i_{кп} \cdot (t_{хв}) = p.$$

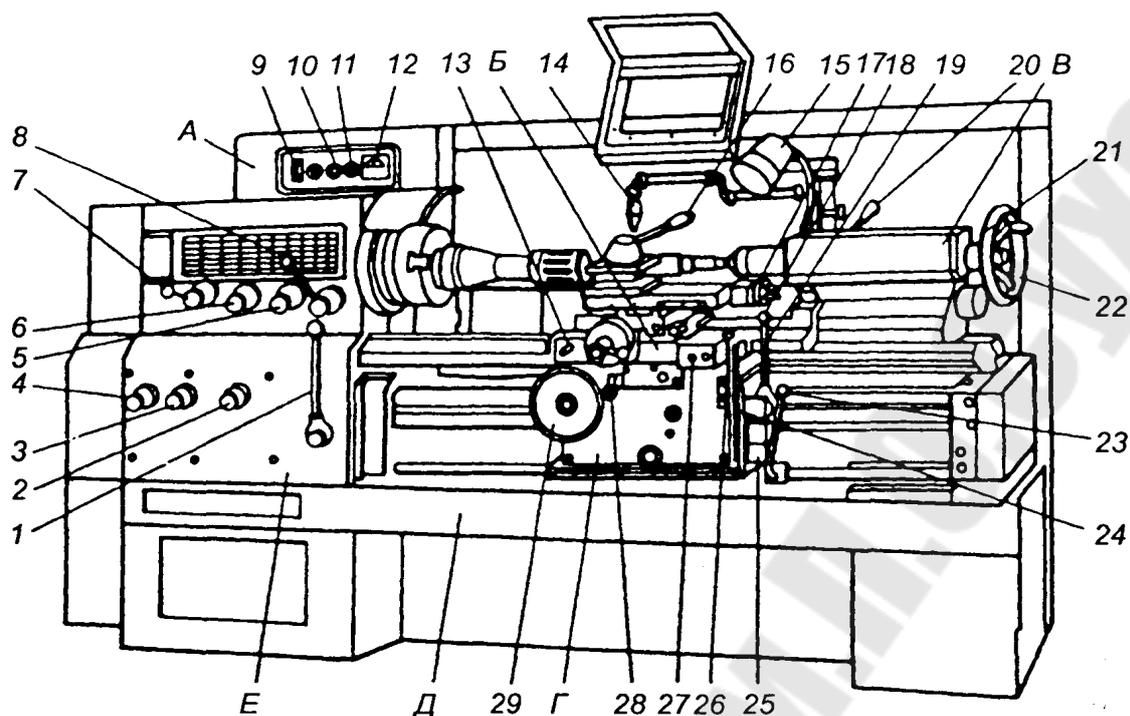


Рисунок 7.3 – Общий вид токарно-винторезного станка: 1 — рукоятка управления фрикционной муфтой главного привода; 2 — вариатор подачи, шага резьбы и механизма отключения подачи; 3 — вариатор подачи и типа нарезаемой резьбы; 4 — вариатор подачи и шага резьбы; 5 — переключатель на левую, правую и другие резьбы; 6 — рукоятка установки нормального и увеличенного шага резьбы и положение при делении на ходы резьбы; 7, 8 — рукоятки установки частоты вращения шпинделя; 9 — вводный автоматический выключатель; 10 — лампа сигнальная; 11 — включение насоса СОЖ; 12 — указатель нагрузки станка; 13 — ручное перемещение поперечных салазок суппорта; 14 — регулируемое сопло СОЖ; 15 — освещение местное; 16 — рукоятка поворота и зажима резцедержателя; 17 — рукоятка перемещения верхних салазок суппорта; 18 — рукоятка включения двигателя ускоренного хода; 19 — рукоятка управления перемещения каретки и салазок суппорта; 20 — зажим пиноли задней бабки; 21 — рукоятка закрепления задней бабки на станине; 22 — маховик перемещения пиноли задней бабки; 23, 24 — рукоятки включения и отключения муфты главного привода; 25 — включение подачи; 26 — винт закрепления каретки на станине; 27 — кнопочная станция двигателя главного привода; 28 — рукоятка включения и выключения ременной шестерни; 29 — маховик ручного перемещения каретки.

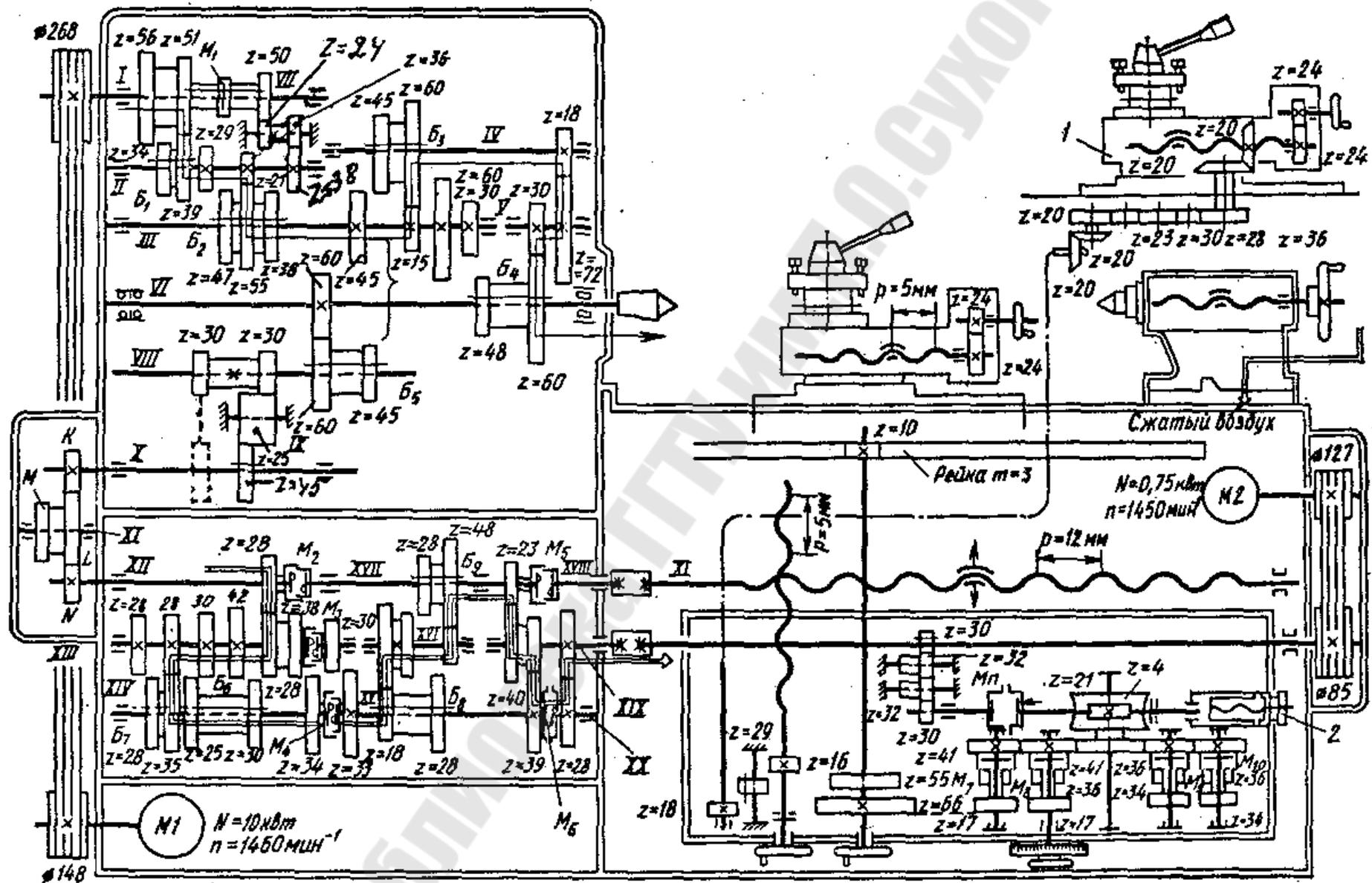


Рисунок 7.4 – Кинематическая схема токарно-винторезного станка

Наладка токарного станка 16К20 состоит в подготовке его к выполнению заданной технологической операции. При наладке устанавливают приспособления, необходимые для крепления обрабатываемой заготовки и режущего инструмента, перемещают узлы в исходное положение, настраивают станок на определенные параметры движения и т.д.

При настройке устанавливают рукоятки коробки передач и переключатели в требуемое положение по указателям, сменные колёса и кулачки - в соответствии с расчетами или таблицам.

Для установки заготовок в зависимости от их размера или формы применяют центры, патроны, планшайбы, оправки. В центрах обрабатывают длинные заготовки типа валов или заготовки, насаженные на оправки.

В патронах закрепляют сравнительно короткие и жесткие заготовки. Чаще всего применяют трехкулачковые самоцентрирующие патроны. Несимметричные заготовки закрепляют в четырехкулачковых патронах, где каждый кулачок перемещается независимо от другого. Крупные, несимметричные заготовки закрепляют на планшайбах с помощью болтов-прихватов и других приспособлений. Для обработки заготовок из прутков используют цанговые патроны.

Инструменты закрепляют в резцедержателях суппорта (обычно резцы) или в пиноли задней бабки (сверла, развертки, зенкеры, метчики).

7.2. Токарно-карусельные станки

Карусельные станки применяют для обработки заготовок тяжелых деталей большого диаметра, но сравнительно небольшой длины. На них можно обрабатывать и растачивать цилиндрические и конические поверхности, подрезать торцы, прорезать кольцевые канавки, сверлить, зенкеровать, развертывать и др.

Основными размерами карусельных станков считают наибольший диаметр и высоту обрабатываемой на станке заготовки. При этом каждая последующая по размеру модель станка позволяет обрабатывать заготовку в 1,25 раза большую по диаметру, чем предыдущая.

По компоновке карусельные станки подразделяют на одно- и двухстоечные. Двухстоечные станки предназначены для обработки деталей диаметром свыше 2000 мм.

Станина одностоечного карусельного станка жестко скреплена

со стойкой, имеющей вертикальные направляющие для перемещения по ним траверсы и бокового суппорта с четырехместным резцедержателем. На станине на круговых направляющих расположена планшайба для установки на ней обрабатываемых деталей или приспособлений. Коробка скоростей размещена внутри станины. На горизонтальных траверсах может перемещаться вертикальный револьверный суппорт с пятипозиционной револьверной головкой. Привод подачи револьверного и бокового суппортов осуществляется от коробок подачи. Револьверный суппорт можно перемещать вручную, а также боковой. Станком управляют с пульта.

7.2.1. Одностоечный токарно-карусельный станок

Одностоечный токарно-карусельный станок модели 1512 предназначен для обработки крупных деталей типа корпусов, маховиков и т.п. На токарно-карусельном станке можно производить точение поверхностей, подрезку торцев, проточку канавок и обработку отверстий.

Техническая характеристика станка

- диаметр планшайбы: 1120 мм;
- размеры обрабатываемых заготовок:
 - диаметр до 1250 мм;
 - высота до 1000 мм;
- частота вращения планшайбы: 5-250 об/мин;
- подача суппортов: 0,07-12,5 мм/об;
- мощность электродвигателя главного движения: 30 кВт;
- частота вращения электродвигателя главного движения: 1450 об/мин.

Основные узлы станка: станина; стойка; траверса; боковой суппорт; резцедержатель; планшайба; револьверный суппорт; пульт управления; револьверная головка (рисунок 7.5).

Движения в станке: главное движение – вращение планшайбы с заготовкой; движение подачи – перемещение суппортов с резцедержателями.

Кинематика станка (рисунок 7.6): главное движение сообщается от электродвигателя М1 через клиноременную передачу, коробку скоростей, коническую пару и цилиндрическую передачу. Коробка скоростей имеет электромагнитные муфты ЭМ11-ЭМ18, переключая

которые можно получить 24 теоретических и 18 практических частот вращения планшайбы (рисунок 7.5).

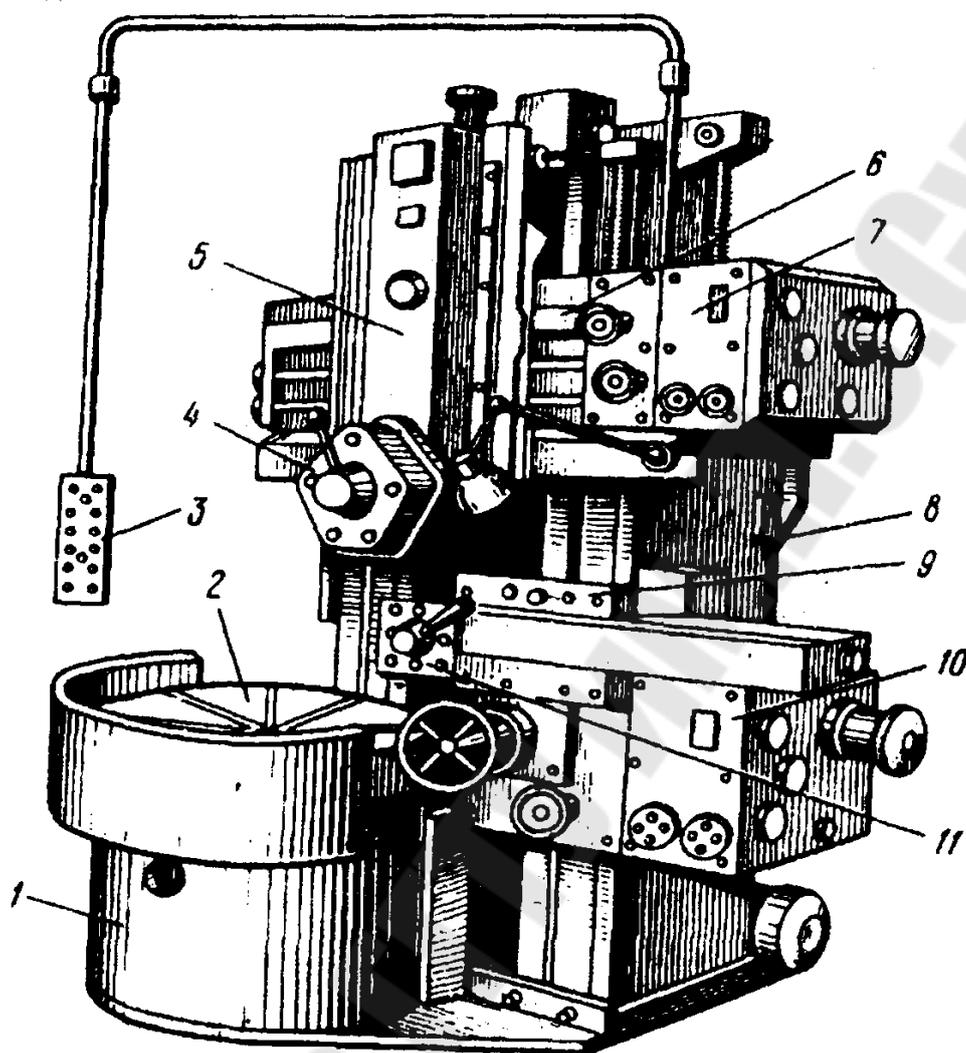


Рисунок 7.5 – Общий вид токарно-карусельного одностоечного станка

Конечные звенья цепи главного движения: эл. двигатель – планшайба.

Расчётное перемещение цепи главного движения:
 n об/мин эл. дв. \rightarrow n об/мин планшайбы.

Уравнение кинематического баланса привода главного движения имеет следующий вид:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{кс} \cdot i_{nn} = n_{пл}.$$

Подачи суппортов (револьверного и бокового) заимствуются от планшайбы через две независимые коробки подач, оснащенные электромагнитными муфтами с одинаковой кинематикой.

Горизонтальная подача револьверного суппорта осуществляется от планшайбы через зубчатые передачи на вал XII коробки подач. От

коробки подач вращение получает вал XX механизма суппорта, и далее через зубчатые колеса и винтовую пару револьверный суппорт получает горизонтальную подачу.

Вертикальная подача револьверного суппорта осуществляется от планшайбы до вала XII коробки подач по той же цепи; далее движение передается валу XXI, затем через конические зубчатые колеса, цилиндрическую передачу, коническую передачу и винтовую пару револьверный суппорт получает вертикальную подачу.

Конечные звенья цепи привода подачи: 1 оборот планшайбы – суппорты станка.

Расчётное перемещение цепи привода подач:

1 оборот планшайбы $\rightarrow S$, мм/об суппорта.

Уравнение кинематического баланса привода подач суппортов имеет следующий вид:

$$1_{об.пл.} \cdot i_{nn} \cdot i_{kn} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S .$$

Ускоренное перемещение оба суппорта получают от отдельных электродвигателей, которыми снабжены коробки подач этих суппортов. Подъем и опускание траверсы осуществляется двумя ходовыми винтами от электродвигателя М4. Револьверная головка вертикального суппорта поворачивается от электродвигателя М3 через зубчатую передачу и червячную пару.

Планшайба является наиболее важным узлом, от которой в основном зависят геометрическая точность и параметры шероховатости изготавливаемых деталей, производительность, долговечность и надежность работы токарно-карусельного одностоечного станка.

7.2.2. Двухстоечный токарно-карусельный станок

Двухстоечный токарно-карусельный станок модели 1553 предназначен для обточки и расточки цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, подрезки торцов и сверления отверстий в крупногабаритных деталях класса дисков и втулок, высота которых не превышает 1,5 – 2 диаметров.

Наиболее характерными деталями, обрабатываемыми на токарно-карусельном двухстоечном станке модели 1553, являются маховики, заготовки зубчатых колес, диски турбин, бандажи и т. п.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр обрабатываемой детали в мм:
 - без бокового суппорта 2300;
 - с боковым суппортом 2100;
- диаметр планшайбы: 2100 мм;
- наибольшая высота обрабатываемой детали: 1600 мм;
- наибольшее вертикальное перемещение верхних суппортов в мм:
 - правого 865;
 - левого 950;
- наибольшее горизонтальное перемещение верхних суппортов в мм:
 - правого 1315;
 - левого 1215;
- наибольшее перемещение бокового суппорта в мм:
 - вертикальное 1520;
 - горизонтальное 600;
- число скоростей вращения планшайбы: 18;
- пределы чисел оборотов планшайбы минуту: 1,4—48;
- количество величин подач суппортов: 12;
- пределы величин подачи суппортов в мм/об: 0,2—9;
- скорость перемещения траверсы в мм/мин: 400;
- мощность главного электродвигателя: 40 кВт.

Основные узлы станка: коробка подач левого верхнего суппорта; левый верхний поворотный суппорт с резцедержателем; траверса; правый верхний суппорт с револьверной головкой; портал с механизмом перемещения траверсы; стойки; коробка подач правого верхнего суппорта; боковой суппорт с коробкой подач; станина с планшайбой и коробкой скоростей (рисунок 7.7).

Движения в станке. Движение резания — вращение планшайбы с заготовкой. Движения подач — горизонтальное и вертикальное перемещения верхних суппортов (левый верхний суппорт, кроме того, может перемещаться под углом к оси вращения детали), горизонтальное и вертикальное перемещения бокового суппорта. Вспомогательные движения — быстрые холостые перемещения суппортов, перемещение траверсы по направляющим стоек, зажим траверсы и поворот револьверной головки.

Кинематика станка (рисунок 7.8): вращение планшайбы заимствуется от главного электродвигателя через коробку скоростей; движение подач суппортов заимствуется от одного оборота планшай-

бы через отдельные коробки подач и передачи винт-гайка.

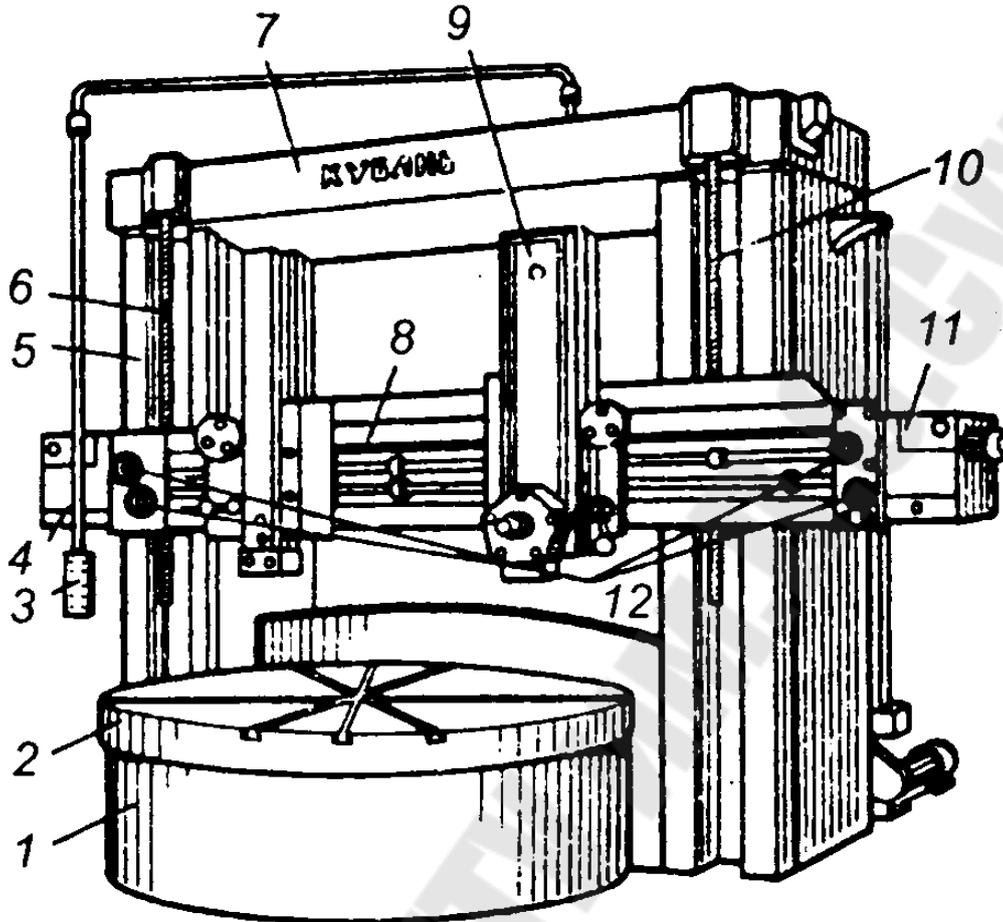


Рисунок 7.7 – Общий вид токарно-карусельного двухстоечного станка

Конечные звенья цепи главного движения: эл. двигатель – планшайба.

Расчётное перемещение цепи главного движения:
 n об/мин эл.дв. \rightarrow n об/мин планшайбы.

Уравнение кинематического баланса привода главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{кс} = n_{пл}.$$

Конечные звенья цепи привода подачи: 1 оборот планшайбы – суппорт станка.

Расчётное перемещение цепи привода подач:
 1 оборот планшайбы $\rightarrow S$, мм/об суппорта.

Уравнение кинематического баланса привода подач для бокового суппорта в общем виде:

$$1_{об.пл.} \cdot i_{nn} \cdot i_{kn} \cdot i_{nn} \cdot (\pi \cdot m \cdot z) = s.$$

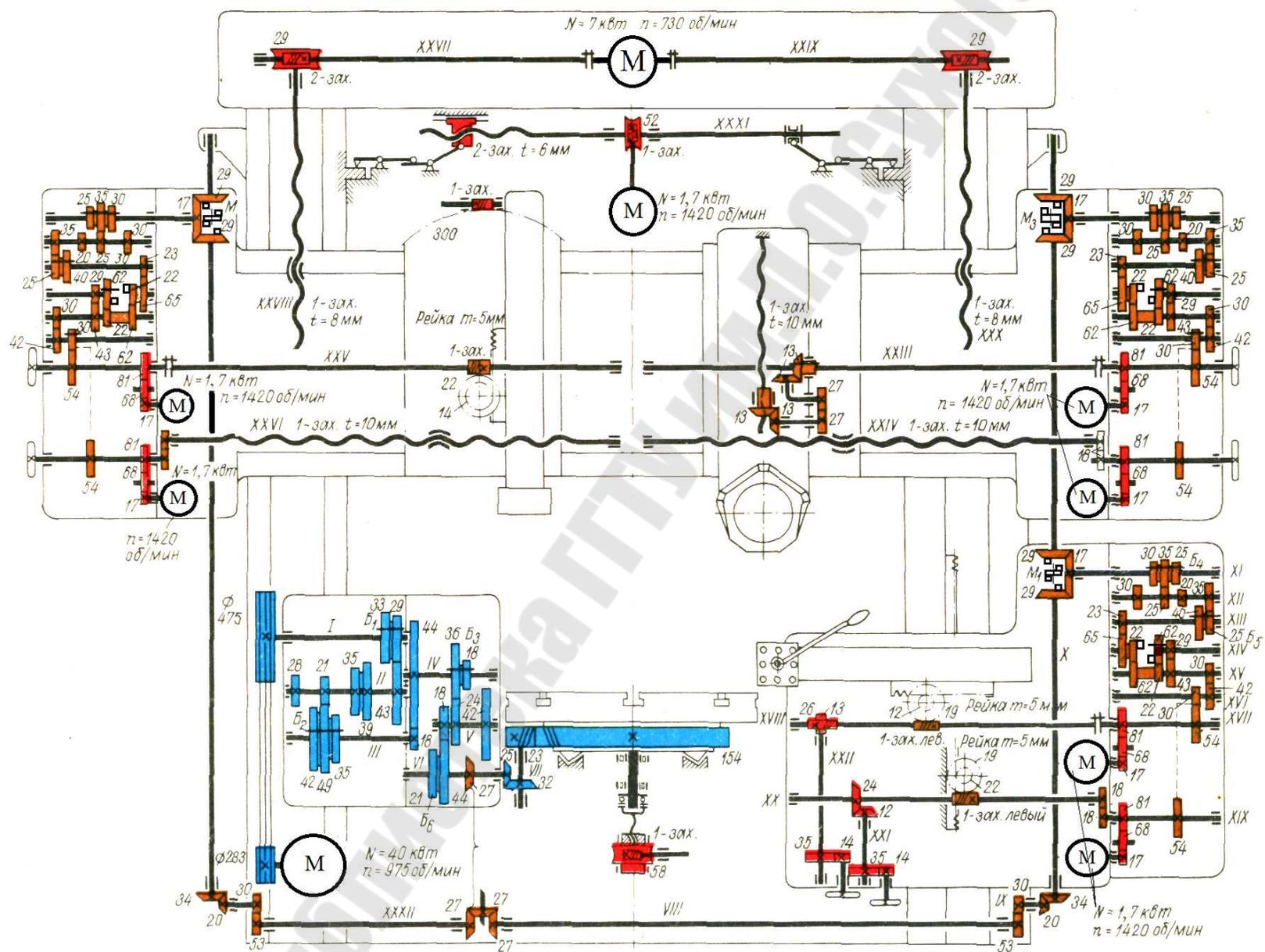


Рисунок 7.8 – Кинематическая схема токарно-карусельного двухстоечного станка

Уравнение кинематического баланса привода подач для верхних суппортов в общем виде:

$$1_{об.пл.} \cdot i_{nn} \cdot i_{kn} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S .$$

Принцип работы. Обрабатываемая деталь закрепляется на планшайбе, которой сообщается вращательное движение в горизонтальной плоскости. Режущие инструменты закрепляются на боковом суппорте и на верхних суппортах. Боковой суппорт служит в основном для обточки наружных поверхностей, выточки канавок и подрезки торцов; в его четырехпозиционной головке закрепляются резцы различных типов. Верхний поворотный суппорт используется для обработки наружных и внутренних конических поверхностей. Верхний суппорт имеет пятипозиционную револьверную головку, в которой закрепляются инструменты, предназначенные главным образом для обработки отверстий.

Конструктивные особенности. Станок снабжен блокирующим механизмом, устраняющим возможность одновременного включения рабочей подачи и ускоренного хода суппортов. Для облегчения вертикальных перемещений ползунов суппорты снабжены пружинными механизмами уравновешивания. Конструкция коробок подач обеспечивает возможность установки приспособлений для обработки конусных поверхностей без разворота верхнего поворотного суппорта. Механизмы перемещения и зажима траверсы сблокированы и расположены в портале.

7.3. Токарно-револьверные станки

Токарно-револьверные станки применяют в серийном производстве для изготовления деталей сложной конфигурации из прутков или штучных заготовок. В зависимости от этого токарно-револьверные станки делятся на прутковые и патронные.

На токарно-револьверных станках можно выполнять почти все основные токарные операции. Применение таких станков рационально в тех случаях, если по технологическому процессу обработки заготовки требуется последовательное применение различных режущих инструментов. Инструменты в необходимой последовательности крепят в соответствующих позициях револьверной головки и в держателях поперечных суппортов. Все режущие инструменты устанавливаются заранее при наладке станка и в процессе обработки их поочередно или параллельно вводят в работу.

При наличии специальных державок можно в одном гнезде револьверной головки закрепить несколько режущих инструментов. Ход каждого инструмента ограничивается упорами, которые выключают продольные и поперечные подачи. После каждого рабочего хода револьверная головка поворачивается и рабочую позицию занимает новый режущий инструмент.

По конструкции револьверной головки станки делят на станки с вертикальной и горизонтальной осями вращения револьверной головки. Револьверные головки, кроме того, бывают цилиндрические и призматические.

Основными размерами, характеризующими прутковые револьверные станки, являются - наибольший диаметр обрабатываемого прутка и диаметр отверстия в шпинделе, а размерами, характеризующими станки для работы в патроне - наибольший диаметр обрабатываемой в патроне заготовки над станиной и над суппортом. К основным размерам также относят максимальное расстояние от переднего конца шпинделя до передней грани или торца револьверной головки и наибольшее перемещение револьверной головки.

Преимуществами токарно-револьверных станков по сравнению с токарными является возможность сокращения машинного времени в результате применения многолезцовых головок и одновременной обработки инструментами револьверной головки и поперечного суппорта, и сравнительно малой затраты вспомогательного времени в результате предварительной наладки станка на обработку несколькими инструментами.

7.3.1. Токарно-револьверный станок

Токарно-револьверный станок модели 1Г340П является универсальным токарно-револьверным станком. Он может быть прутковым или патронным и на нем можно выполнять работы, требующие последовательного применения различного режущего инструмента (черновое и чистовое точение, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и т.п.). Его применяют в условиях серийного производства.

Станок 1Г340П относят к револьверным станкам с горизонтальной осью револьверной головки. Ось вращения головки расположена ниже оси шпинделя и параллельна ей. Револьверная головка имеет 16 гнезд, в которых с помощью различных державок крепят режущий инструмент. Этот станок не имеет бокового (поперечного)

суппорта. Револьверная головка получает продольную и поперечную подачу. Автоматическое переключение частоты вращения шпинделя и подач суппорта при смене позиций револьверной головки в соответствии с программой, заданной на штеккерной панели пульта управления, значительно повышает производительность работы на станке и удобство его обслуживания. Для наладки и обработки мелких партий деталей предусмотрено ручное управление станком.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр прутка 40 мм;
- наибольшая длина прутка 3000 мм;
- наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной 400 мм;
- наибольшая подача прутка 100 мм;
- расстояние от переднего торца шпинделя до револьверной головки:
 - наименьшее 128 мм,
 - наибольшее 630 мм;
- число частот вращения шпинделя: прямое - 12, обратное - 6;
- частота прямого вращения шпинделя:
 - прутковое исполнение 45-2000 об/мин,
 - патронное исполнение 36-1600 об/мин,
 - скоростное исполнение 56-2500 об/мин;
- число подач револьверного суппорта (пределы величин подач):
 - продольных 12 (0,035-1,6 мм/об),
 - поперечных 12 (0,02-0,8 мм/об).

Основные узлы станка (рисунок 7.9): 1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – механизм зажима и подачи прутка; 4 – коробка подач; 5 – резьбонарезное устройство; 6 – копировальное устройство; 7 – револьверный суппорт; 8 – фартук револьверного суппорта; 9 – барабан упоров револьверного суппорта; 10 – насосная установка; 11 – станция охлаждения; 12 – передний барабан упоров; 13 – редуктор; 14 – стойка.

Движения в станке: главное движение - вращение шпинделя с заготовкой; движение подач – перемещение револьверного суппорта.

Кинематика станка (рисунок 7.10): главное движение осуществляется от электродвигателя через ременную передачу d_1-d_2 , коробку скоростей и ременную передачу d_3-d_4 . На станке применена унифицированная автоматическая коробка скоростей. Частоты вра-

щения можно переключать на ходу и под нагрузкой. Торможение выходного вала коробки скоростей осуществляется одновременно включением муфт на этом валу при отключенных остальных муфтах. Реверсирование шпинделя осуществляется электродвигателем.

Конечные звенья цепи главного движения: эл. двигатель – шпиндель.

Расчётное перемещение цепи главного движения:
 n об/мин эл. дв. \rightarrow n об/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса привода главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{рн} \cdot i_{кс} \cdot i_{рш} = n_{шпн.}$$

Конечные звенья цепи привода подачи: 1 оборот шпинделя – револьверный суппорт станка.

Расчётное перемещение цепи привода подач:
 1 оборот шпинделя \rightarrow S , мм/об суппорта.

Уравнение кинематического баланса привода продольных подач в общем виде:

$$1_{об.шпн.} \cdot i_{рш} \cdot i_{кп} \cdot i_{ф} \cdot (\pi \cdot m \cdot z) = s.$$

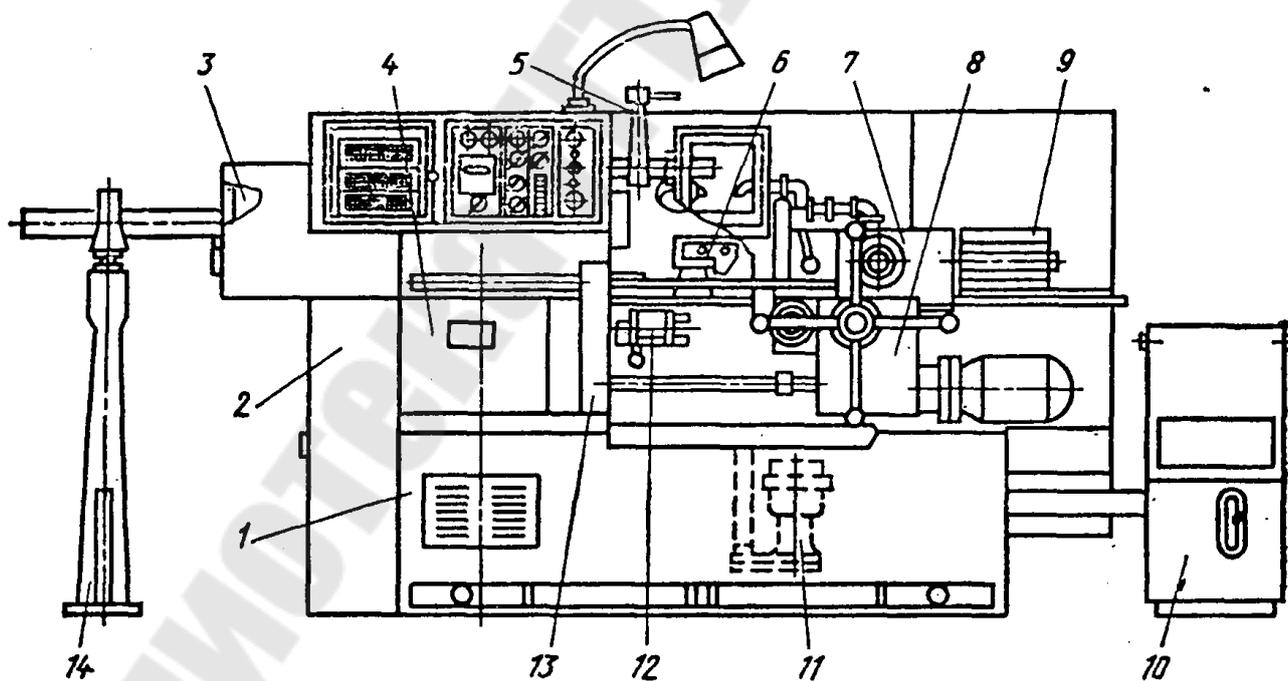


Рисунок 7.9 – Общий вид токарно-револьверного станка

Продольная подача револьверного суппорта осуществляется от выходного вала коробки скоростей через плоскозубчатые ременные передачи, коробку подач и механизм фартука. Коробка подач имеет пять электромагнитных муфт и блок зубчатых колес, что обеспечива-

ет 12 подач револьверного суппорта в двух диапазонах (по шесть автоматических подач).

Продольное перемещение револьверного суппорта вручную осуществляют штурвалом при соответствующем положении муфт в механизме суппорта. Схемой станка предусмотрена возможность переключения скоростей и подач вручную переключателями, установленными на пульте управления, и автоматической установкой штекера в соответствующее гнездо на штекерной панели.

Поперечная (круговая) подача осуществляется от шпинделя станка до ходового винта по той же кинематической цепи, что и при продольной подаче, а далее через плоскозубчатую ременную передачу, цилиндрическую пару, конический реверсивный механизм, червячную передачу, зубчатую передачу на револьверную головку, при вращении которой происходит поперечная (круговая) подача.

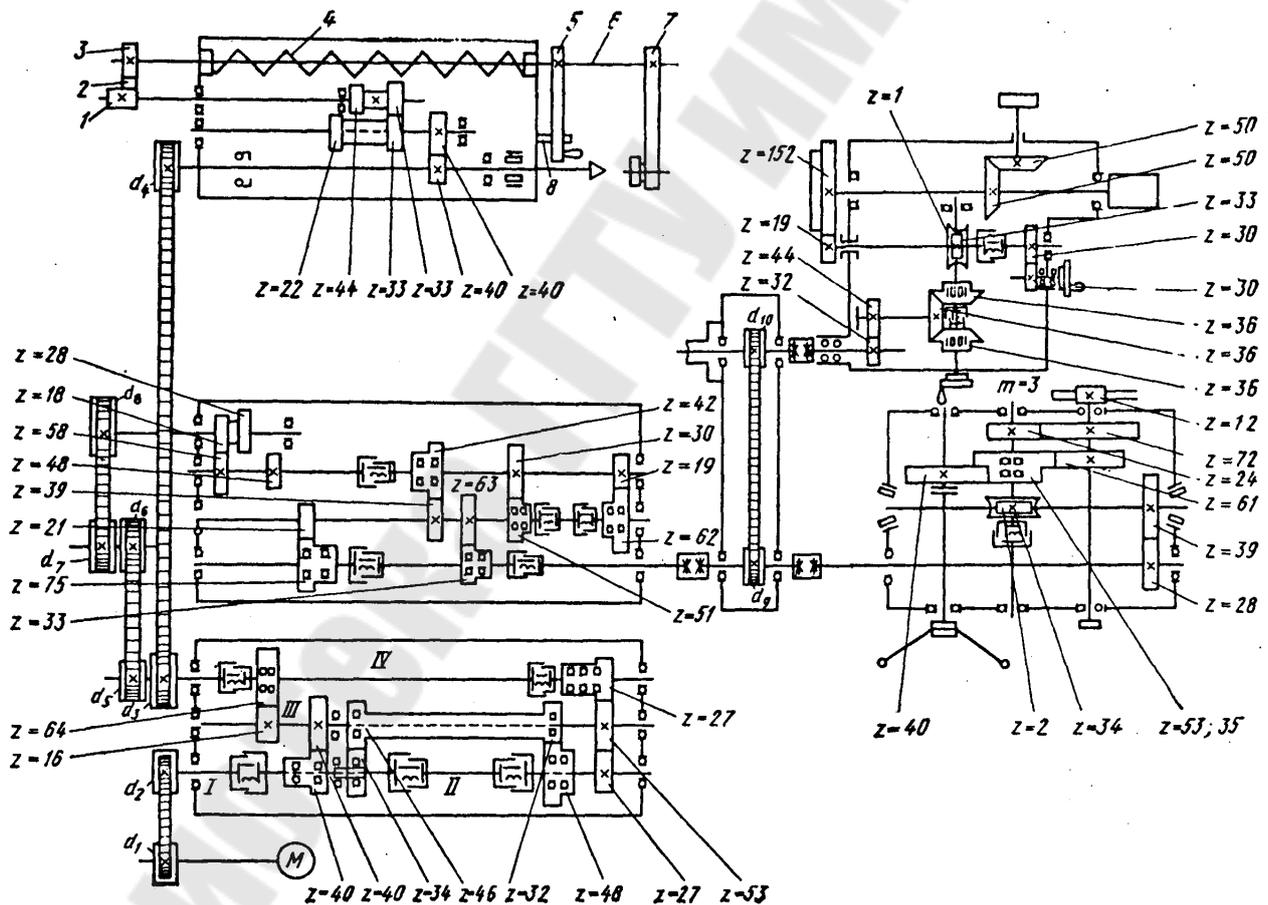


Рисунок 7.10 – Кинематическая схема токарно-револьверного станка

Продольное перемещение револьверного суппорта вручную осуществляют штурвалом при соответствующем положении муфт в механизме суппорта. Схемой станка предусмотрена возможность переключения скоростей и подач вручную переключателями, установленными на пульте управления, и автоматической установкой штекера в соответствующее гнездо на штекерной панели.

кера в соответствующее гнездо на штекерной панели. Поперечная (круговая) подача осуществляется от шпинделя станка до ходового винта по той же кинематической цепи, что и при продольной подаче, а далее через плоскозубчатую ременную передачу, или цилиндрическую пару, конический реверсивный механизм, червячную передачу, зубчатую передачу на револьверную головку, при вращении которой происходит поперечная (круговая) подача.

На станке имеется копировальное устройство, предназначенное для продольного и поперечного копирования. Для этого на револьверной головке закрепляют специальную державку с роликом, который упирается в копировальную линейку. Копировальную линейку устанавливают под необходимым углом к горизонтали и закрепляют в этом положении.

Продольное копирование осуществляется при продольной подаче револьверного суппорта, при этом ролик державки движется по наклонной линейке и поворачивает вокруг оси револьверную головку вместе с резцом, сообщая ему поперечную подачу. Ролик прижимается к поверхности копировальной линейки силой резания. При одновременном осуществлении резцом продольной и поперечной подач на заготовке образуется коническая или иная фасонная поверхность. При поперечном копировании включается поперечная подача, а продольное перемещение суппорта происходит под действием копировальной линейки. Резьбонарезное устройство предназначено для нарезания по копиру резцами или гребенками наружных или внутренних резьб различных шагов. От шпинделя через кинематическую цепь вращение передается на сменный копир.

Наладка станка состоит из этапов:

- установка зажимной и падающей цанг или патрона для штучных заготовок;
- установка последовательности циклов и режимов обработки на штекерной панели в соответствии с технологической документацией;
- установка в гнездах револьверной головки инструментов согласно карте наладки;
- установка упоров на барабане в соответствии с картой наладки;
- установка упоров круговых перемещений на станке при обработке в наладочном режиме первой детали согласно технологической документации.

К станку может быть дополнительно поставляться отрезной по-

перечный суппорт, который крепится на корпусе шпиндельной бабки.

На рисунке 7.11 представлен пример наладки токарно-револьверного станка для обработки типовой детали. Технологический процесс обработки состоит из следующих операций:

- подача заготовки;
- подрезка торца;
- сверление отверстия;
- расточка отверстия и точение наружных поверхностей;
- зенкерование отверстия;
- развёртывание отверстия;
- расточка фаски.

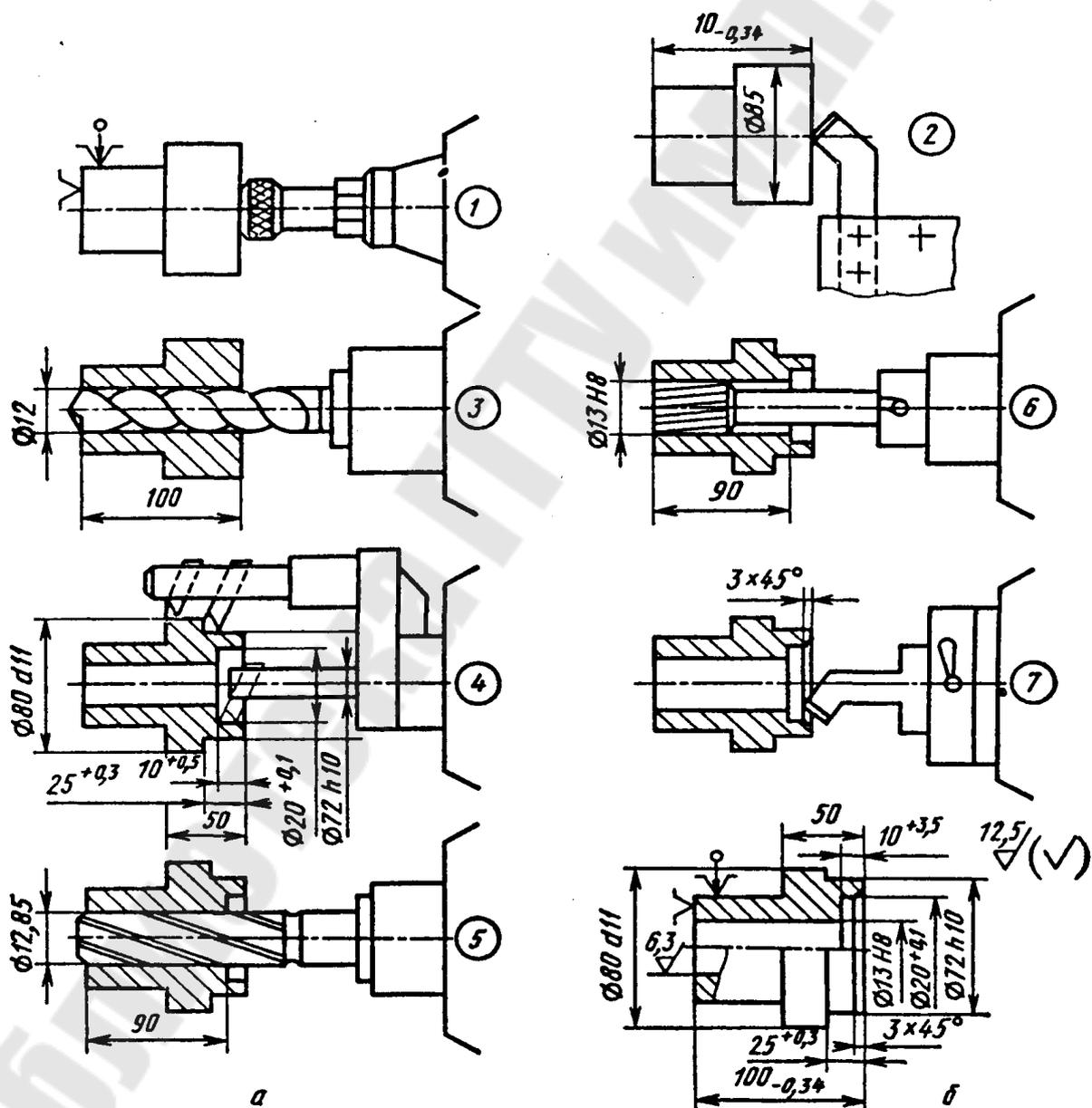


Рисунок 7.11 – Пример наладки токарно-револьверного станка на обработку типовой детали

7.4. Токарно-револьверные автоматы и полуавтоматы

Токарные автоматы 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.

Токарные автоматы могут быть универсальными, специализированными, горизонтальными и вертикальными, одношпиндельными и многошпиндельными.

Одношпиндельные прутковые токарные автоматы подразделяют на револьверные, фасонно-отрезные и фасонно-продольные. Одношпиндельные токарно-револьверные автоматы в универсальном исполнении могут иметь шестипозиционную револьверную головку и поперечные суппорты.

В массовом производстве широко применяют, многошпиндельные токарные автоматы. Они являются, как правило, многоинструментальными станками. По числу шпинделей их можно различить на одно- и многошпиндельные; по расположению шпинделей - на горизонтальные и вертикальные; по назначению - на универсальные и специализированные.

Горизонтальные одношпиндельные токарные полуавтоматы подразделяют на многорезцовые (центровые и патронные), копируемые и многорезцово-копируемые. На центровых станках обрабатывают заготовки, устанавливаемые в центрах, когда длина заготовки в несколько раз больше ее диаметра. На патронных станках в основном обрабатывают короткие заготовки большого диаметра. Одношпиндельные полуавтоматы, снабженные магазинным устройством, превращаются в автоматы.

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 быстроходный 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.

Токарные копировальные полуавтоматы служат для изготовления деталей сложной конфигурации. Заготовки на таких станках обрабатывают одним или несколькими резцами. При обработке резцы могут перемещаться в продольном и поперечном направлении в соответствии с профилем копира или эталонной детали. На копировальных полуавтоматах обработку можно вести на более высоких скоростях резания, чем при многорезцовой обработке.

Многошпиндельные автоматы и полуавтоматы по принципу работы подразделяют на автоматы (полуавтоматы) параллельного и последовательного действия.

7.4.1. Одношпиндельный токарно-револьверный автомат

На одношпиндельном токарно-револьверном автомате модели 1Б140 в условиях крупносерийного производства обрабатывают сложные по форме детали с применением нескольких последовательно или параллельно работающих инструментов.

Техническая характеристика автомата

- наибольший диаметр обрабатываемого прутка 40 мм;
- наибольший диаметр нарезаемой резьбы:

в стальных деталях - М24,

- в деталях из латуни - М32;
- наибольшая подача прутка за одно включение - 100 мм;
- наибольший ход револьверной головки - 100 мм;
- время изготовления одной детали - 10,1-608,3 с;
- частота вращения шпинделя:
 - при левом вращении - 160-2500 мин-1,
 - при правом вращении - 63-1000 мин-1;
- расстояние от торца шпинделя до револьверной головки:
 - наименьшее - 75 мм,
 - наибольшее - 210 мм;
- мощность электродвигателя - 5,5 кВт.

Основные узлы автомата: основание (станина); передний поперечный суппорт и задний поперечный суппорт; продольный суппорт; шпиндельная бабка; вертикальный суппорт; револьверная головка; суппорт револьверной головки (рисунок 7.12).

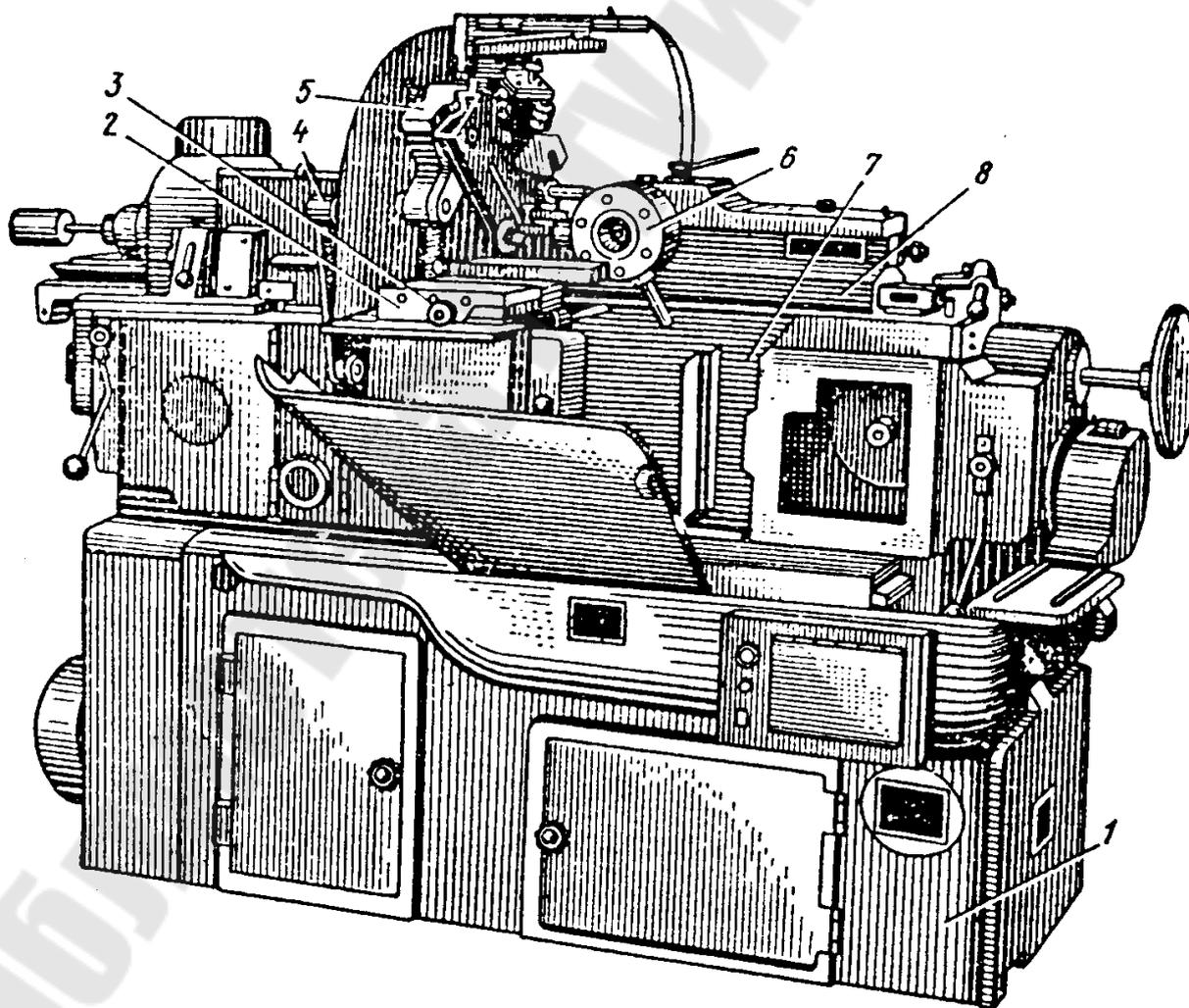


Рисунок 7.12 – Общий вид токарно-револьверного одношпиндельного автомата

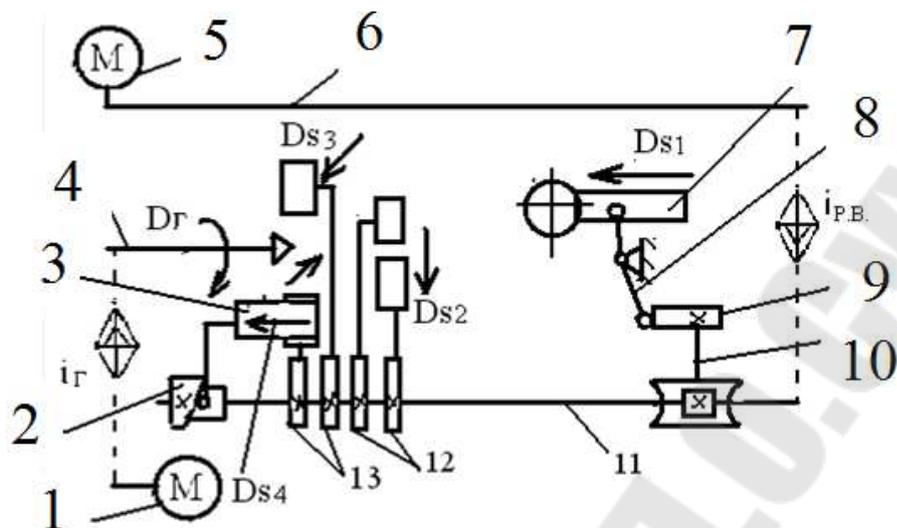


Рисунок 7.13 – Структурная схема автомата

Формообразование на станке обеспечивается (рисунок 7.13) вращательным движением шпинделя 4 шпиндельной бабки (D_r) по цепи электродвигатель 1 – шпиндель 4 со звеном настройки i_r . Управление и перемещение рабочими органами станка осуществляется от распределительного вала, состоящего из вала 10 и вала 11 и получающего движение от электродвигателя 5 с органом настройки i_{PB} . Продольное перемещение револьверного суппорта 7 обеспечивается кулачком 9 через рычаги 8. Перемещение поперечных суппортов происходит от кулачков, закрепленных на распределительном валу 11: верхних – от кулачков 12 (движение подачи D_{s2}); горизонтальных – от кулачков 13 (движение D_{s3}), при этом передний поперечный суппорт 3 имеет также продольное перемещение (движение D_{s4}) от кулачка 2.

Исполнительные органы автомата имеют следующие движения:

- главное движение – вращение шпинделя с прутком;
- движение подачи: перемещение суппорта револьверной головки – продольная подача; перемещение верхних суппортов в радиальном направлении – поперечная подача; перемещение переднего и заднего горизонтальных суппортов – поперечная подача, причем горизонтальный передний суппорт может иметь продольную подачу;
- вспомогательные (установочные) движения: быстрые подводы и отводы суппорта револьверной головки; поворот револьверной головки вокруг своей оси для установки очередного инструмента в рабочую позицию; ручной поворот вспомогательного и распределительного валов.

тельного валов – используется при наладке автомата; подача и зажим пруткового материала.

Принцип работы автомата. Пруток пропускается через направляющую трубу и закрепляют в шпинделе станка цанговым зажимом. Инструмент закрепляют в револьверной головке, поперечных и продольных суппортах. Инструментами, установленными в револьверную головку, обрабатывают наружные поверхности, обрабатывают отверстия и нарезают резьбу; инструментами поперечных суппортов обрабатывают фасонные поверхности, подрезают торцы, снимают фаски и отрезают готовые детали, а инструментом продольного суппорта, установленного на переднем поперечном суппорте, обрабатывают конусы и осуществляют другие операции.

Кинематика автомата. Главное движение станка осуществляется вращением шпинделя, получаемым от электродвигателя М1 через коробку скоростей и кинематическую передачу. Электромагнитные муфты в коробке скоростей переключаются переключателями автоматически по установленной программе. Таким образом, на шпинделе можно автоматически получить по три различных частоты при левом и правом вращении. Сменные зубчатые колеса позволяют увеличить число частот вращения шпинделя (рисунок 7.14).

Револьверная головка в процессе работы получает следующие движения: продольное перемещение справа налево - быстрый подвод и рабочая подача, быстрый отвод в исходное положение и переключение с одной позиции на другую. Продольное перемещение револьверной головки осуществляется от кулачка, профиль которого соответствует технологическому процессу изготовления детали.

Поперечные и вертикальный суппорта автомата совершают рабочий ход (вперёд) и обратный ход (назад) от отдельных кулачков, установленных на распределительном валу автомата. Профиль каждого кулачка соответствует переходам технологического процесса обработки детали.

Конечные звенья цепи главного движения автомата: электродвигатель – шпиндель автомата.

Расчетное перемещение цепи главного движения автомата: n об/мин электродвигателя \rightarrow n об/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения автомата в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{кв}} \cdot i_{\text{пн}} = n_{\text{шп}}.$$

Конечные звенья цепи привода подачи суппортов автомата: электродвигатель вспомогательный – распределительный вал с кулачками.

Расчетное перемещение цепи привода подачи суппортов автомата: n об/мин электродвигателя вспомогательного $\rightarrow n$ об/мин распределительного вала автомата.

Уравнение кинематического баланса цепи привода подачи суппортов автомата в общем виде:

$$n_{\text{дв.всп.}} \cdot i_{nn} \cdot i_{kn} \cdot i_{nn} = n_{\text{распрвала}}.$$

Наладка автомата 1Б140 включает разработку технологического процесса обработки и карты наладки, выбор нормальной и изготовление специальной оснастки, кинематическую наладку и монтаж оснастки на станке. При разработке технологического процесса обработки необходимо соблюдать следующие рекомендации: а) стремиться вести обработку одновременно несколькими инструментами; б) обеспечить по возможности совместную работу инструментов револьверной головки и поперечных суппортов; в) при точении фасонными резцами фаски на переходных кромках заменять дугами окружностей радиусами $R = 0,2-0,3$ мм; г) перед сверлением отверстий диаметром менее 10 мм необходимо производить центрирование сверлом; д) сверление глубоких отверстий следует разбивать на несколько переходов; е) наиболее точные размеры по длине детали следует получать инструментами, закрепленными в поперечном суппорте; ж) если в револьверной головке занято всего 2-3 гнезда, необходимо переключать ее через одну позицию или изготовить две детали за один цикл.

Наиболее сложный профиль имеет дисковый кулачок револьверной головки. Его профиль вычерчивают на основе данных операционной карты и размеров кулачка. Профиль участков кулачка для переключения револьверной головки состоит из трех различных кривых, последовательно обеспечивающих отвод револьверной головки, ее поворот и последующий подвод. Кривые подвода и отвода головки вычерчивают по специальному шаблону, чертеж которого прикладывают к паспорту станка.

Участки кулачков, сообщающие подачу инструменту, вычерчивают по архимедовой спирали или по дуге, близкой к ней, для равномерного подъема ролика.

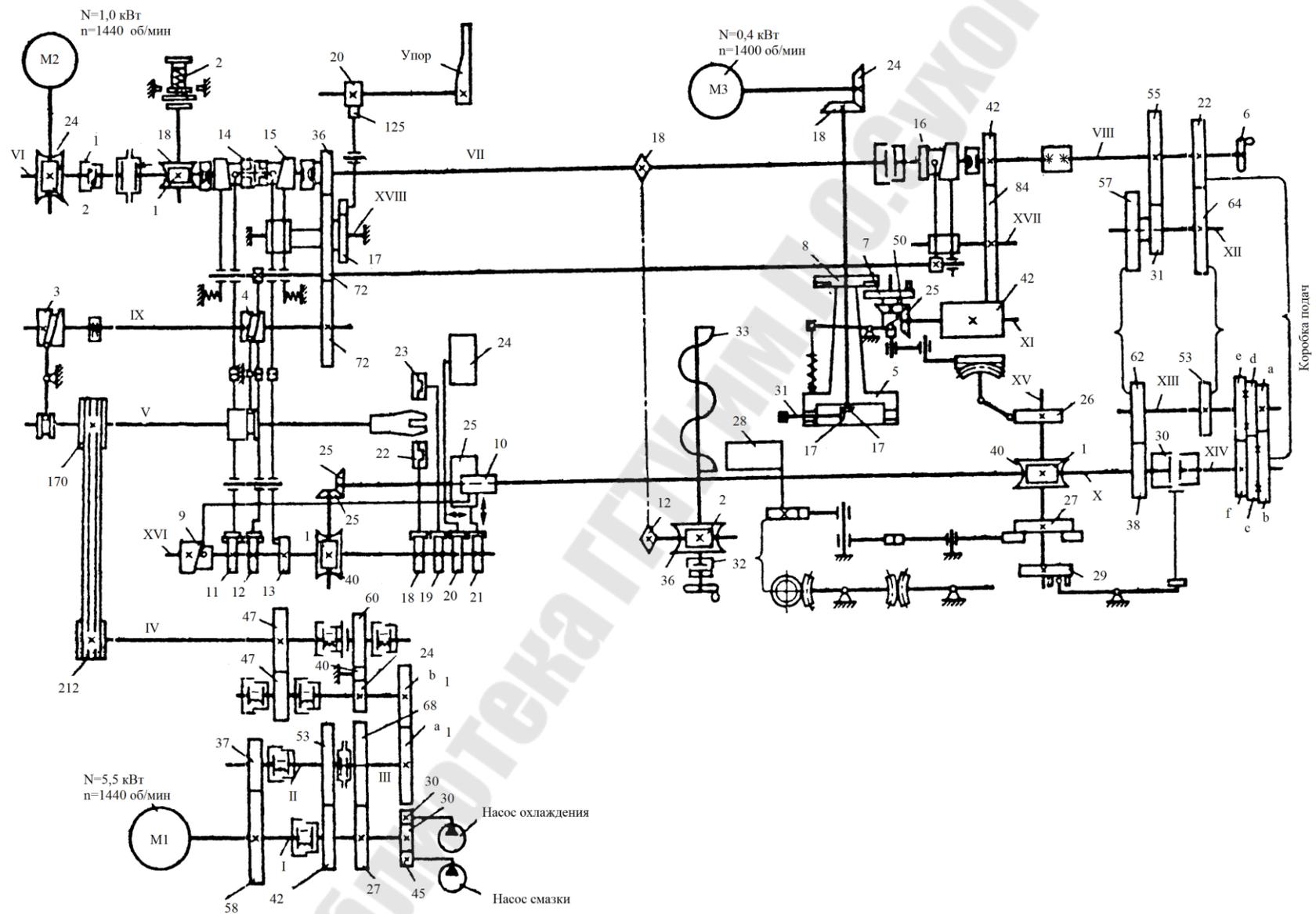


Рисунок 7.14 – Кинематическая схема токарно-револьверного одношпиндельного автомата

По принципу работы многошпиндельные автоматы с горизонтальным расположением шпинделей делят на автоматы параллельного и последовательного действия. При обработке деталей на автоматах параллельного действия на каждом шпинделе выполняются одновременно все переходы, предусмотренные технологическим процессом. В конце цикла работы станка получается столько готовых деталей, сколько шпинделей находится в работе.

7.4.2. Токарно-револьверный шестишпиндельный автомат

Токарно-револьверный шестишпиндельный автомат модели 1Б265-6К предназначен для обработки деталей из прутков. На станке можно производить черновое, чистовое и фасонное обтачивание, подрезку торцов, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, нарезание внутренних и наружных резьб, накатывание резьб.

Техническая характеристика автомата

- число шпинделей 6;
- наибольший диаметр прутка 65 мм;
- наибольшая длина обработки 190 мм;
- частота вращения шпинделей:
 - в обычном исполнении 73-1065 об/мин,
 - в быстроходном исполнении 73-1590 об/мин;
- число суппортов: продольных 1, поперечных 6;
- наибольший ход суппорта при нормальных кулачках:
 - продольного - 200 мм,
 - поперечных: верхних и нижних - 80 мм, средних - 70 мм;
- габаритные размеры автомата: 6265x1830x2170 мм.

Автомат состоит из следующих основных частей: на станине установлен корпус шпиндельного блока. Прутковый материал поддерживается трубами со стойкой. С правой стороны станины расположена коробка передач, в которой установлен привод главного движения, привод подач распределительного вала, привод инструментальных шпинделей. В станке имеется продольный суппорт и шесть поперечных суппортов с независимой подачей (два верхних, два нижних и два средних) (рисунок 7.15).

Автомат обычно работает по следующему циклу: прутковый материал закладывают в направляющие трубы и закрепляют в цанговых патронах шпинделей. Каждый шпиндель получает вращательное

движение. Заготовка обрабатывается последовательно в шести позициях шпиндельного блока. Автомат имеет шесть поперечных суппортов, в пазах которых установлены резцедержатели с отрезными и фасонными резцами. Кроме того, имеется один, общий для всех позиций продольный суппорт, на каждой из шести граней которого устанавливаются державки с инструментами, которые в позициях могут иметь независимую от продольного суппорта подачу.

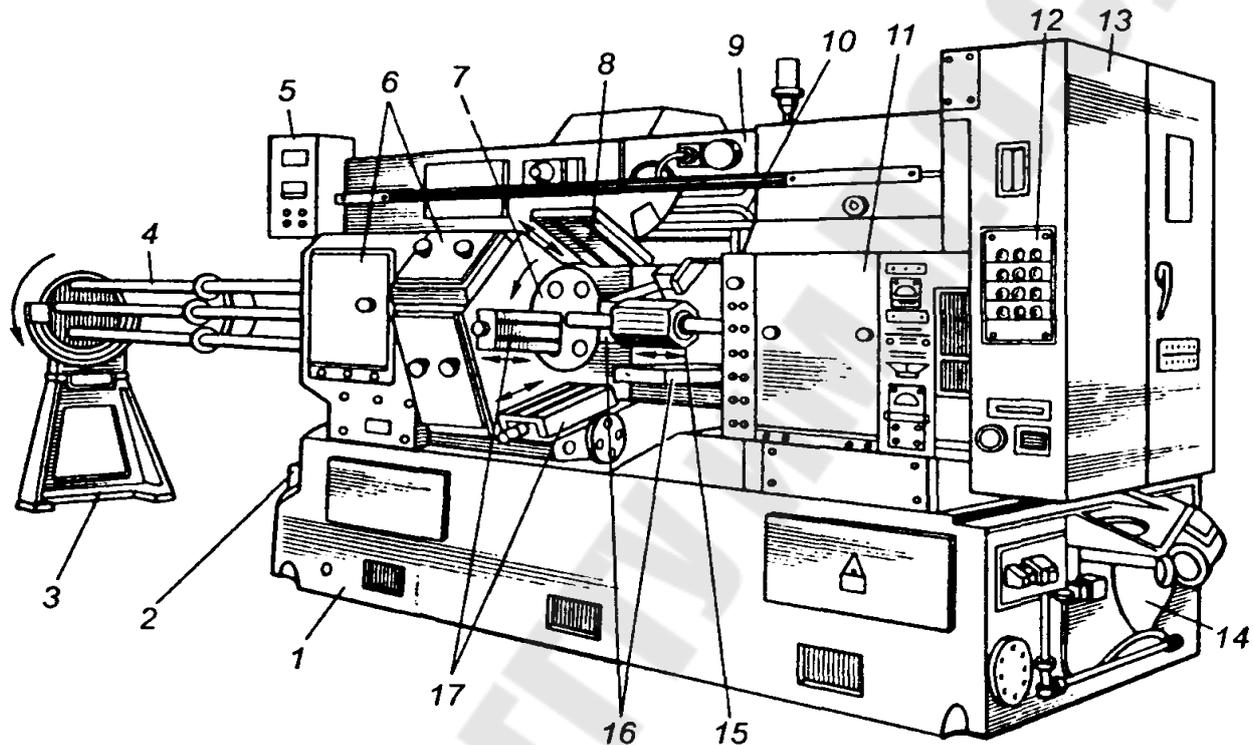


Рисунок 7.15 – Общий вид токарно-револьверного шестишпindelного автомата

Инструментальные шпиндели используют для нарезания резьбы и быстрого сверления. Они получают вращение от коробки передач через длинные шлицевые валы. Все суппорты перемещаются от постоянных кулачков, установленных на распределительном валу. Шпиндельный блок периодически поворачивается на 60° для изменения позиции. Последний этап - отрезка детали, после чего пруток подается до упора.

Если детали относительно простые, применяют метод последовательно-параллельной обработки, который может выполняться по двум вариантам: с одинарной индексацией (рисунок 7.16, б) и двойной индексацией (рисунок 7.16, в). При первом варианте изготовление двух одинаковых или разных деталей производится параллельно в трех последовательных позициях I, II, III, для первой детали и в трех позициях IV, V, VI для второй детали. В этом случае поворот

шпиндельного блока осуществляется как обычно, на одну позицию (с одинарной индексацией).

Данный вариант обработки может быть осуществлен на 4-х и 8-ми шпиндельных автоматах.

При втором варианте (рисунок 7.16, в) изготовление двух разных или двух одинаковых деталей производится также в параллельных позициях I, III, V для первой детали и в позициях II, IV, VI для второй детали. В этом случае поворот шпиндельного блока осуществляется сразу на две позиции (с двойной индексацией), а отрезка готовых деталей и подача прутков до упора производится в двух соседних позициях I и II. Данный вариант может быть осуществлен и на 8-ми шпиндельных автоматах.

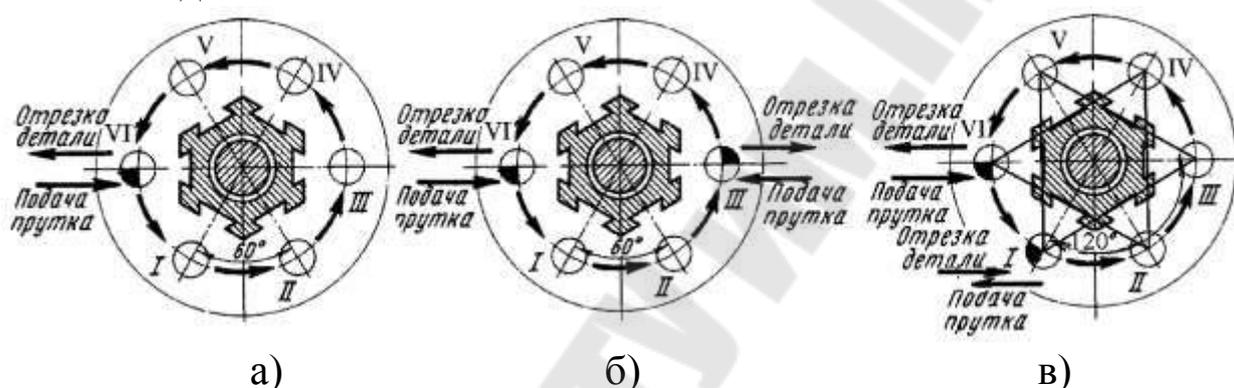


Рисунок 7.16 – Схемы последовательной (а) и последовательно-параллельной (б – с одинарной индексацией, в – с двойной индексацией) обработкой заготовок на многошпиндельных автоматах

Формообразование на станке обеспечивается (рисунок 7.17) главными вращательными движениями 6-ти рабочих шпинделей 4 (D_r) по цепи электродвигатель 1 – центральный вал 5 - шпиндели 4 со звеном настройки i_r . Управление и перемещение рабочими органами (суппортами) станка осуществляется от распределительного вала 9, получающего движение от центрального вала с органом настройки $i_{рв}$. Горизонтальное перемещение продольного суппорта 2 (продольная подача D_{s1}) обеспечивается кулачком 10 через рычаги 11. Перемещение поперечных суппортов 3 происходит от кулачков 6. Вращение инструментальных шпинделей D_v заимствуется от центрального вала 5, а их продольная подача D_{s3} – от кулачка 8.

Движения в станке: основные шпиндели автомата приводятся во вращение электродвигателем М1 через клиноременную передачу, цилиндрическую пару, сменные зубчатые колеса и центральный вал. На центральном валу закреплено зубчатое колесо, от которого вращение

передается колесам, установленным на концах шести шпинделей (рисунок 7.18).

Конечные звенья цепи главного движения автомата: электродвигатель – шпиндели автомата.

Расчетное перемещение цепи главного движения автомата: n об/мин электродвигателя $\rightarrow n$ об/мин шпинделей.

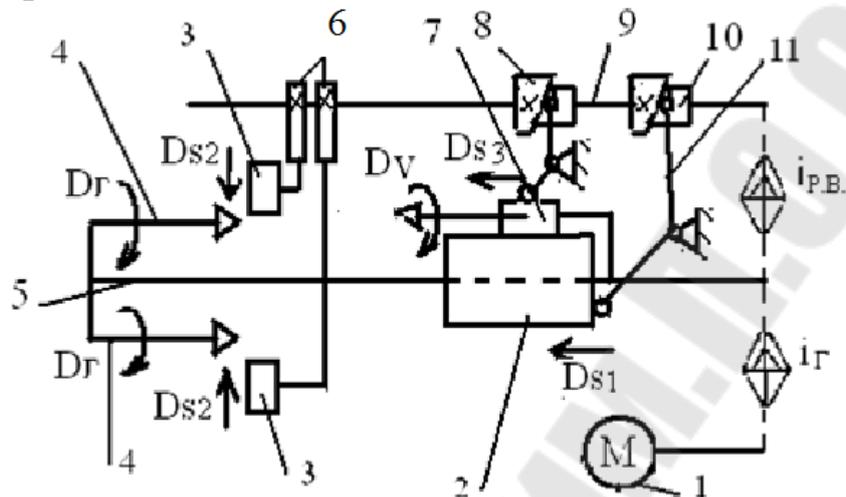


Рисунок 7.17 – Структурная схема автомата

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения автомата в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{nn} \cdot i_z \cdot i_{nn} = n_{шп.}$$

Инструментальный быстросверлильный шпиндель получает вращение от центрального вала через зубчатое колесо, промежуточное колесо и сменное зубчатое колесо. Паразитное колесо с подвижной осью обеспечивает зацепление колес.

Так как основной и вспомогательный шпиндели вращаются в разные стороны, относительная частота вращения есть сумма их частот вращения.

Подача всех рабочих органов станка осуществляется кулачками, установленными на распределительном валу. Во время рабочих движений станка распределительный вал вращается медленно, а при вспомогательных - быстро, с постоянной угловой скоростью.

Распределительный вал состоит из двух валов, соединенных шлицевой втулкой.

На первой части распределительного вала расположены барабаны с кулачками зажима и подачи прутка, диск с кулачками фиксации и устройства поворота шпиндельного блока.

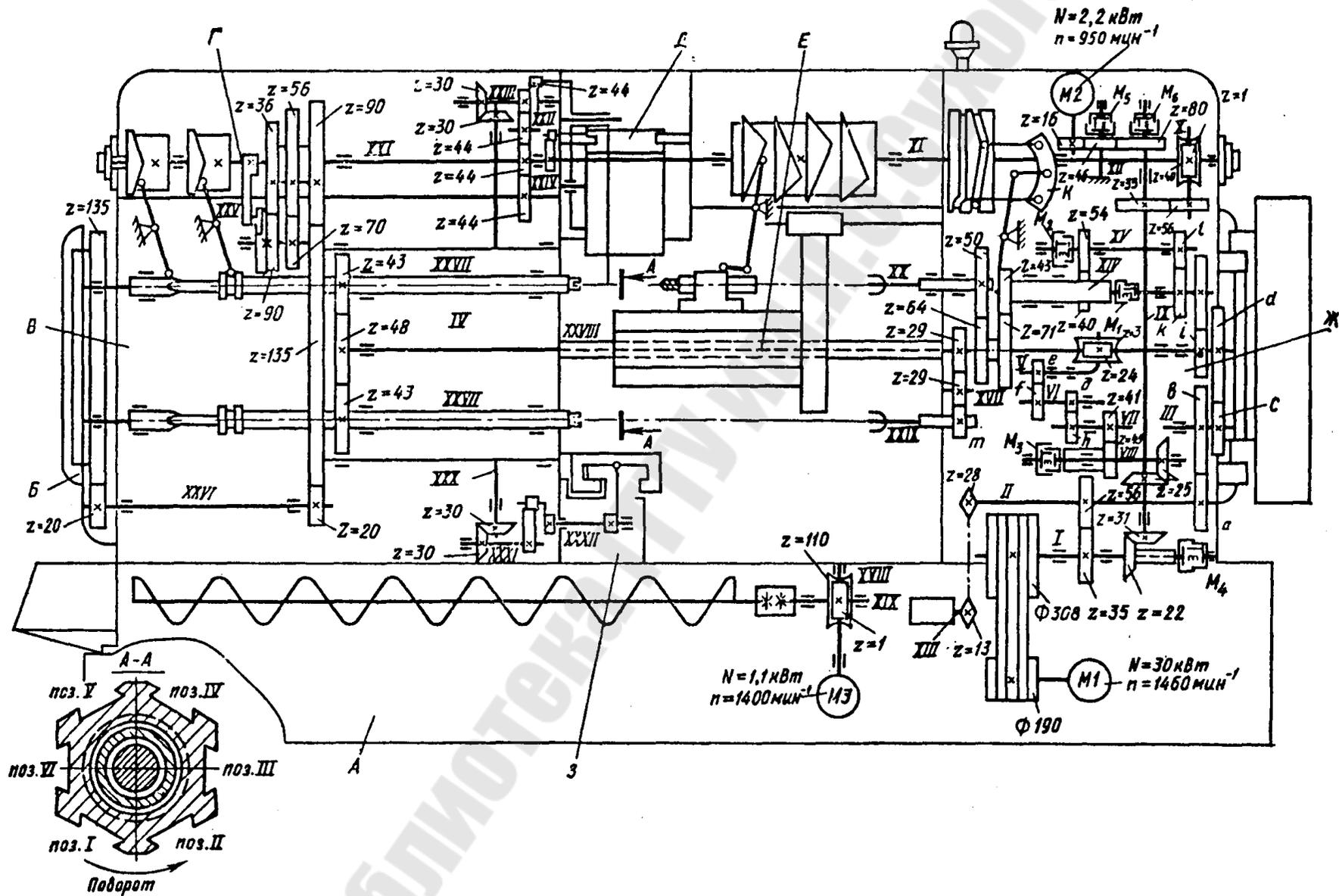


Рисунок 7.18 – Кинематическая схема токарно-револьверного многошпиндельного автомата

На второй части распределительного вала расположены барабаны подачи продольного суппорта, барабаны устройств с независимой подачей, диск с кулачками для привода верхних поперечных суппортов, зубчатое колесо привода командоаппарата. Дополнительные распределительные валы имеют диски с кулачками, управляющими движением нижних и поперечных суппортов; с валом эти валы связаны конической передачей.

Конечные звенья цепи привода подачи суппортов автомата: 1 оборот шпинделя автомата – распределительный вал с кулачками и барабанами.

Расчетное перемещение цепи привода подачи суппортов автомата: 1 об. шп. → n об/мин распределительного вала автомата.

Уравнение кинематического баланса цепи привода подачи суппортов автомата в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_{кп} \cdot i_{nn} = n_{распрвала}.$$

Рабочее вращение распределительного вала происходит от основных шпинделей через центральный вал, червячную пару, сменные зубчатые колеса, передачу при включенной электромагнитной муфте. Поворот шпиндельного блока осуществляется с помощью пятипазового мальтийского механизма и зубчатых передач. За один оборот распределительного вала шпиндельный блок повернется на 1/6 оборота.

7.5. 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 применяют только для фасонных фрез.

Затылование производится в результате сложения двух движений: вращательного движения детали и возвратно-поступательного движения режущего инструмента к детали. При вращении детали режущий инструмент на участке зуба поступательно перемещается к центру детали на величину падения затылка и срезает стружку. Когда инструмент достигает конца зуба, за которым начинается стружечная канавка, он быстро отходит в исходное положение. При дальнейшем вращении, детали эти движения инструмента повторяются.

Описанные движения инструмента осуществляются от кулачка, который установлен в специальном суппорте. Подвижная часть суппорта с пальцем прижимается к кулачку под действием пружины. Движение подвижной части суппорта вперед сопровождается сжатием пружины, которое происходит под действием рабочей кривой вращающегося кулачка, а возврат в исходное положение — под действием пружины по кривой кулачка.

В зависимости от направления движения режущего инструмента относительно оси детали различают три вида затылования: радиальное, косое и торцовое. Исходя из формы и размеров затылуемых инструментов применяют различные методы работы. Узкие инструменты обычно обрабатывают фасонными резцами методом поперечной подачи. Длинные детали цилиндрической формы, а также детали, имеющие фасонный профиль, затылуют продольной подачей резца, при этом затылок зубьев снимается за один или несколько проходов.

В универсальных затыловочных станках осуществляются следующие основные движения: главное, обеспечивающее вращение детали (скоростная цепь); затыловочные (делительные) движения 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.

7.5.1. Универсальный токарно-затыловочный станок

Универсальный токарно-затыловочный станок модели 1Б811, предназначенный для выполнения в инструментальном производстве разнообразных затыловочных работ, в том числе затылования червячно-модульных фрез однозаходных, многозаходных, правых, левых, право-режущих, леворежущих, дисковых и фасонных фрез с зубьями, затылуемыми радиально, под углом и вдоль оси. Станок позволяет производить насечку червячных шеверов. Станина станка имеет массивную конструкцию с плоскими направляющими, по которым перемещается суппорт. Слева установлена передняя бабка с приводом главного движения, справа — задняя бабка (рисунок 7.19).

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр изделия, мм 360
- наибольшее расстояние между центрами, мм 630
- наибольшая длина хода нарезки, мм 600

- наибольший ход затылования, мм 25
- число обрабатываемых зубьев 1 — 40
- пределы частоты вращения шпинделя, об/мин 1,9 — 47,5
- мощность главного привода, кВт 5,5.

Станок имеет самоконтращийся механизм отвода резца, закаленные направляющие под каретку и заднюю бабку, цельную гайку ходового винта, быстроходный отбойный механизм с бесступенчатой коррекцией величины отбоя при работе станка. Раздельный привод главного движения с автоматической коробкой скоростей обеспечивает независимость настроек винторезной, отбойной цепей и цепи спиралей, частоты вращения шпинделя; регулирование скорости обратного холостого хода; возможность изменения частоты вращения шпинделя на ходу и отключение вращения шпинделя при работающей цепи затылования для насечки червячных шеверов. Регулирование хода затылования бесступенчатое.

На универсально-затыловочном станке можно также шлифовать зубья инструментов. Для этой цели на суппорте станка устанавливается шлифовальное приспособление с самостоятельным приводом. Конструкция суппорта обеспечивает поворот шлифовального шпинделя в горизонтальной и вертикальной плоскостях и установку его на различной высоте.

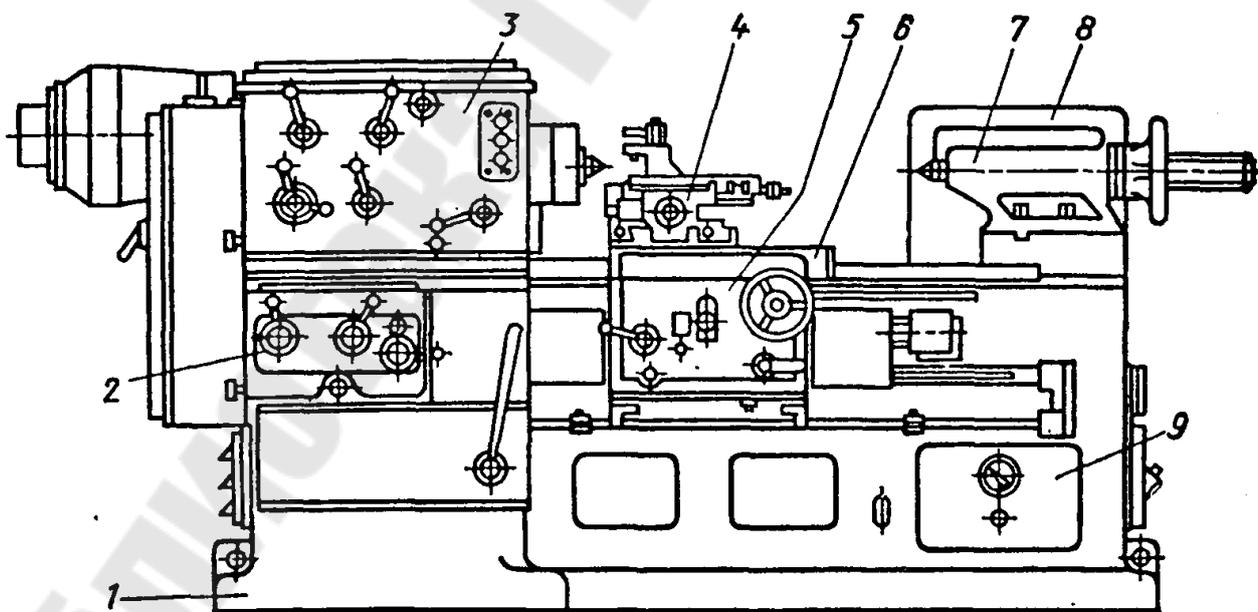


Рисунок 7.19 – Общий вид токарно-затыловочного станка

Движения в станке: движение резания – вращение шпинделя с затылуемым инструментом; продольная подача – прямолинейное по-

ступательное движение суппорта с режущим инструментом вдоль оси шпинделя; движение образования винтовой линии – также продольное перемещение суппорта с режущим инструментом, но кинематически увязанные с вращением шпинделя и определяемые шагом винтовой линии; затыловочно-делительное движение – прямолинейное возвратно-поступательное перемещение суппорта в радиальном направлении за время поворота затылуемого инструмента на один зуб; вспомогательное движение – ручное продольное перемещение суппорта, ручное поперечное перемещение суппорта, ручное перемещение верхней части суппорта и ручное перемещение пиноли задней бабки.

Кинематика станка (рисунок 7.20): главное движение: электродвигатель – коробка скоростей – шпиндель станка; движение подачи: шпиндель с заготовкой – гитара сменных колёс $a_2-b_2-c_2-d_2$ – коробка подач – ходовой вал продольной подачи суппорта станка; движение образования винтовой поверхности: шпиндель – гитара сменных колёс $a_2-b_2-c_2-d_2$ – ходовой винт продольной подачи суппорта станка точно в соответствии с шагом винтовой линии; затыловочно-делительное движение: шпиндель – гитара сменных колёс $a_1-b_1-c_1-d_1$ – ходовой вал – коническая передача – кулачок; затыловочно-делительное движение для режущих инструментов с винтовыми канавками дополнено приращением скорости вращения кулачка: ходовой винт – передачи – сменные колёса гитары дифференциала $a_3-b_3-c_3-d_3$ – муфта обгона – ходовой вал – коническая передача – вращение кулачка К.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow n$ об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кс} = n_{шп}.$$

Конечные звенья цепи привода продольной подачи суппорта станка: 1 оборот шпинделя – суппорт станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи привода продольной подачи суппорта станка: 1 об. шп. $\rightarrow s$ мм/об суппорта.

Уравнение кинематического баланса цепи привода продольной подачи суппорта станка в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_{kn} \cdot i_{nn} \cdot (\pi \cdot m \cdot z) = S_{суп.прод.}$$

Конечные звенья цепи привода образования винтовой поверхности: 1 оборот шпинделя – суппорт станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи привода образования винтовой поверхности: 1 об. шп. → s мм/об суппорта.

Уравнение кинематического баланса цепи привода образования винтовой поверхности в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_{22} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S_{винт.}$$

Конечные звенья цепи привода затылования (поперечная подача): 1 оборот шпинделя – суппорт станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи привода затылования: 1 об. шп. → s мм/об.

Уравнение кинематического баланса цепи привода затылования в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_{21} \cdot i_{nn} \cdot K = S_{затыл.}$$

Конечные звенья цепи привода затылования винтовой поверхности: $t_{хв}$ – суппорт станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи привода затылования винтовой поверхности: $t_{хв}$ → s мм/об.

Уравнение кинематического баланса цепи привода затылования винтовой поверхности в общем виде:

$$t_{хв} \cdot i_{nn} \cdot i_{23} \cdot i_{nn} \cdot K = S_{затылвинт.}$$

7.6. Многорезцовые токарные полуавтоматы

Многорезцовый токарный полуавтомат модели 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.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм:
над станиной 400;
над суппортом 250
- наибольшая длина обрабатываемой детали: 500, 710 мм

- число частот вращения шпинделя 14
- пределы частот вращения шпинделя, об/мин 63 — 1250
- число подач продольного суппорта 13
- пределы подач продольного суппорта, мм/мин 25 — 400
- скорость быстрых перемещений продольного суппорта, мм/мин 3500
- число подач поперечного суппорта 13
- пределы подач поперечного суппорта, мм/мин 25 — 400
- скорость быстрых перемещений поперечного суппорта, мм/мин 3500
- мощность электродвигателя главного движения, кВт 17
- частота вращения электродвигателя, об/мин 1470
- мощность электродвигателей подач суппортов, кВт 1,5

Общий вид станка (рисунок 7.21). На нижней станине 1 установлена передняя бабка 2 с механизмом главного движения и шпинделем 4. По продольным направляющим нижней станины можно перемещать заднюю бабку 15, а по поперечным направляющим — поперечный суппорт 7 с механизмом подач. На верхней станине 13 закреплена коробка подач 5 продольного суппорта 8, который перемещается по направляющим станины. На передней панели бабки расположен щиток 6 с кнопками управления станком. Справа от продольного суппорта смонтированы передвижной кронштейн копирной линейки 12, командоаппарат 11 для управления циклом работы продольного суппорта и передвижной упор 10 для установки в рабочее положение линейки отскока продольного суппорта. Квадратными ручкоятками 9 и 17 настраивают соответственно ползуны продольного 8 и поперечного 7 суппортов. Педалью 16 управляют работой пневмосистемы задней бабки. Ременная передача механизма главного движения закрыта кожухом 3. Электрооборудование станка расположено в шкафу 14, а пневмоаппаратура — в корпусе станины. Электродвигатель главного движения находится внутри станины под передней бабкой.

Кинематическая схема станка (рисунок 7.22). От электродвигателя 17 через клиноременную передачу 1—2, вал I, сменные зубчатые колеса а — б, вал II, зубчатые колеса 3 — 4 или 5 — 6, вал III и зубчатые колеса 7 — 8 вращение передается шпинделю IV.

Движения подачи продольного и поперечного суппортов осуществляются от автономных коробок подач (АКП-2).

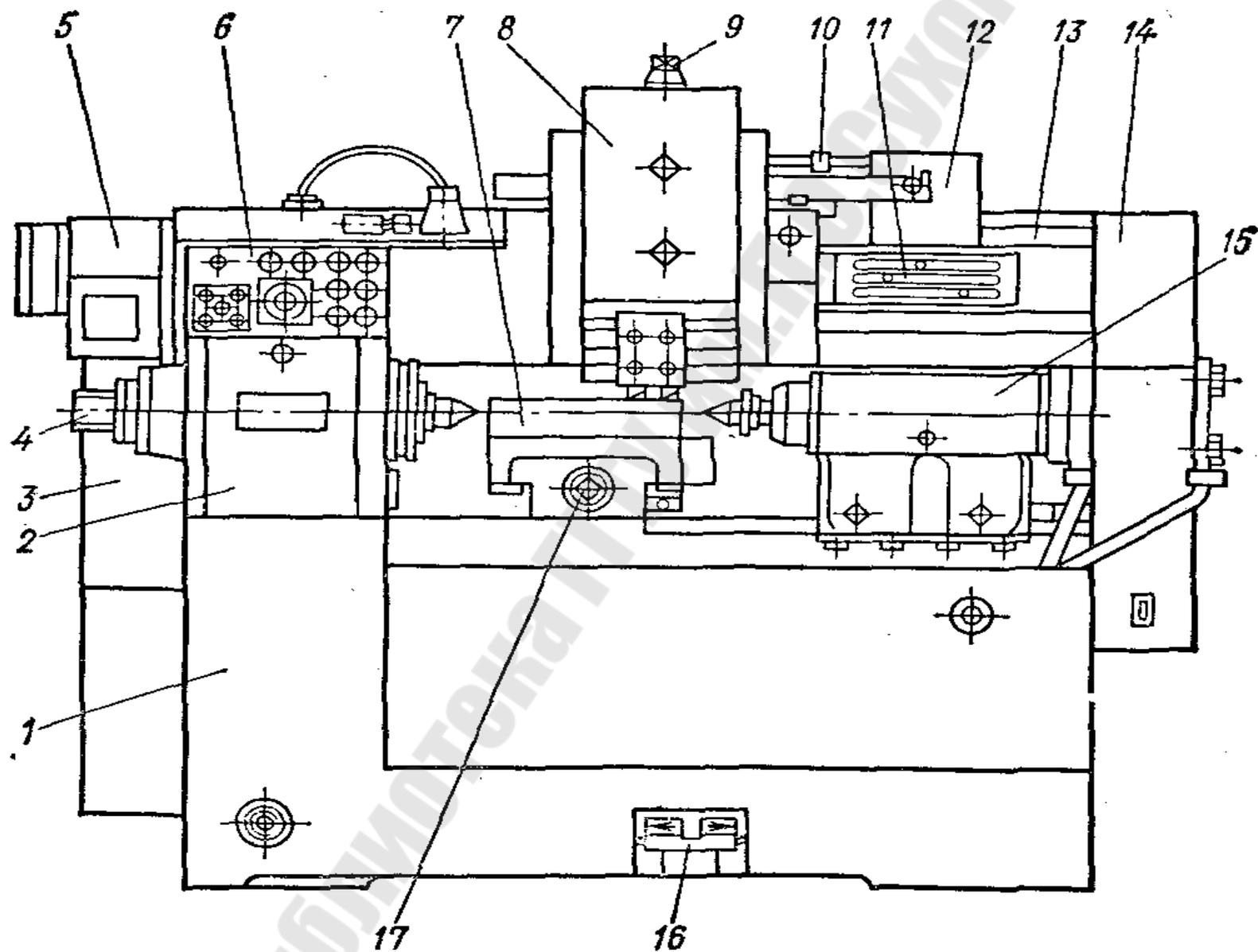


Рисунок 7.21 – Общий вид токарного многорезцового полуавтомата

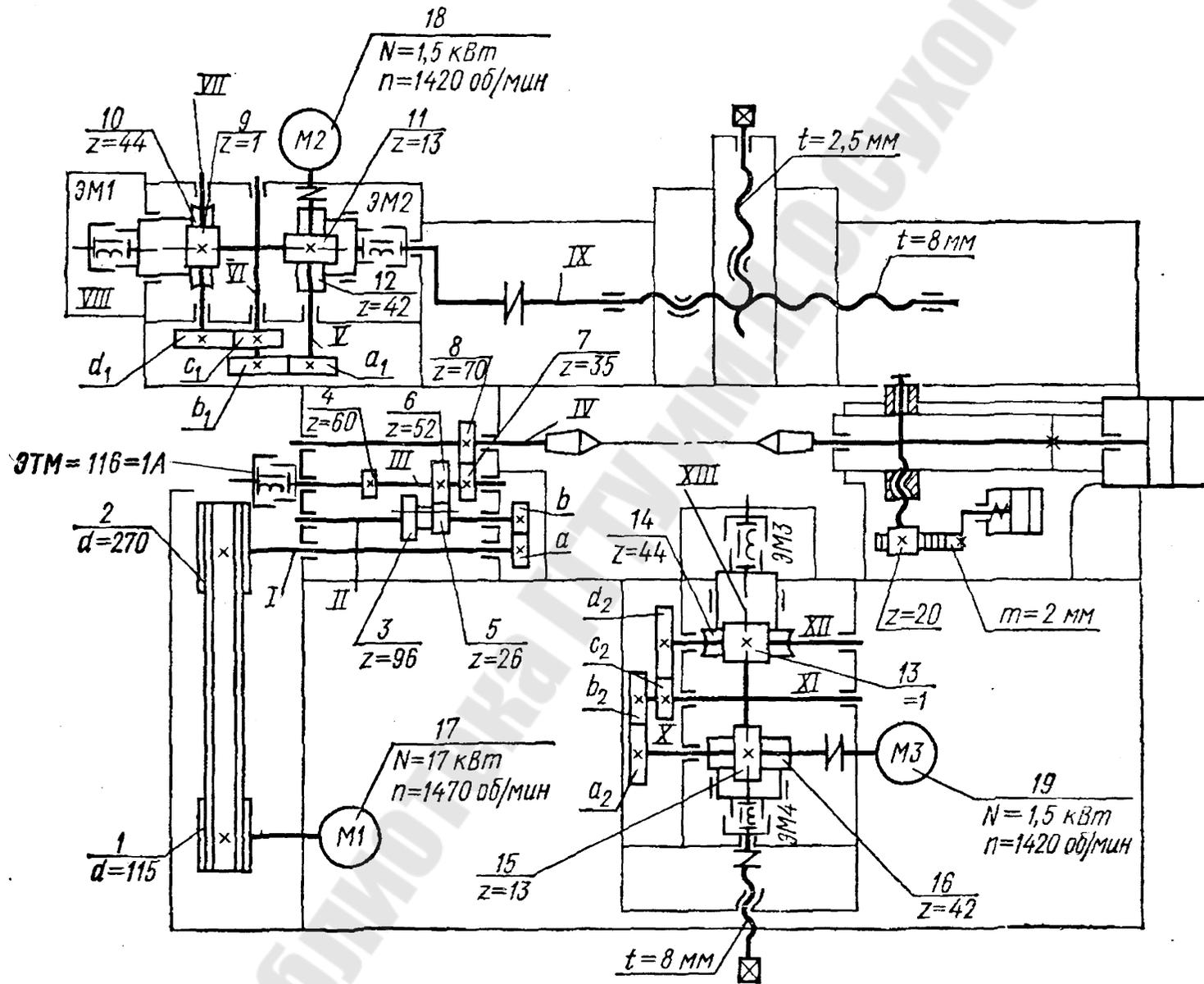


Рисунок 7.22 – Кинематическая схема токарного многолезцового полуавтомата

Рабочее движение продольного суппорта осуществляется по цепи: электродвигатель 18, гитара сменных колес 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, 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.

7.7. Токарно-копировальные полуавтоматы

Токарно-копировальный полуавтомат модели 1713 предназначен для выполнения черновой и чистовой обработки 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 многорезцовокопировальным способом.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм:
 - над станиной 400;
 - над суппортом 250;
- наибольшая длина обрабатываемой детали, мм 710;
- пределы частот вращения шпинделя, об/мин 125—1250;
- пределы продольных подач копировального суппорта, мм/об 0,08 — 2,0;
- пределы подач поперечного суппорта, мм/мин 10 — 405;
- мощность электродвигателя главного движения, кВт 22.

Общий вид полуавтомата (рисунок 7.23). Станина в левой тумбе имеет шпиндельную бабку с коробкой скоростей 1. По верхним направляющим 6 станины перемещается в продольном направлении каретка копировального суппорта 4, имеющего поперечные салазки 3 с резцедержателем. В нижней части станины расположены направляющие 7 с поперечным суппортом 2. В левой тумбе размещены также электродвигатель, тормозное устройство и аппаратура электроавто-

матики, в правой — гидравлический привод и панели управления. На правой стороне станины установлена задняя бабка 5. Копировальный и подрезной суппорты расположены под углом 60° к основанию станка, что обеспечивает свободный сход стружки и удобство наладки.

Кинематическая схема станка (рисунок 7.24). Главное движение осуществляется от электродвигателя через ременную передачу, четырехступенчатую коробку скоростей и гитару скоростей, ременную передачу, 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.

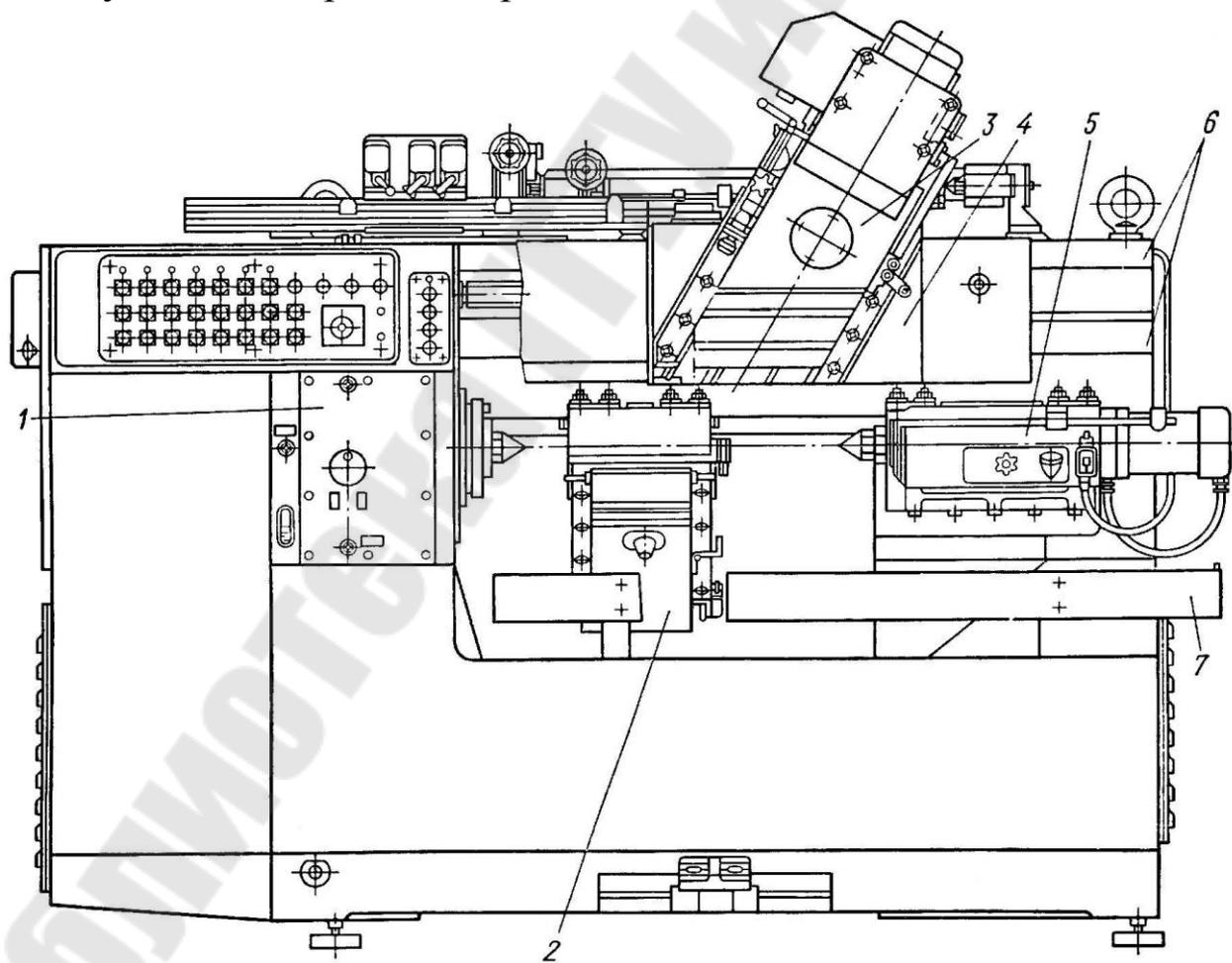


Рисунок 7.23 – Общий вид токарно-копировального полуавтомата

Копировальный суппорт состоит из двух основных частей — каретки 1 и ползуна 2. Каретка перемещается по направляющим станины с помощью винтовой пары. Перемещение ползуна по каретке под углом 60 град к оси центров станка осуществляется гидроцилиндром, поршень 3 которого через шток 4 жестко соединен с кареткой, а корпус 5 — с ползуном.

Перемещение ползуна к оси центров при отсутствии копира на станке ограничивается упором 6, воздействующим на золотник гидрошупа через его рычаг. Упор перемещается по штанге 7 вручную или вместе со штангой при помощи лимба 9 с ценой деления 0,015 мм и фиксируется на штанге винтом 8. Гидрошуп крепится к корпусу гидроцилиндра. К каретке крепятся левый 10 и правый 11 кожухи, предохраняющие направляющие станины от попадания на них стружки и охлаждающей жидкости.

Механизм установки копира имеет левую 1 и правую 5 стойки, соединенные между собой скалкой 4, которая лежит на шарикоподшипниках. На скалке расположены левая 12 и правая 6 бабки, в центрах которых устанавливается линейка 14, несущая копир или эталонную деталь.

7.8. Токарные станки с ЧПУ

В мелкосерийном и среднесерийном производстве с частой сменой изготавливаемых изделий наибольшее распространение получили автоматизированные станки с ЧПУ. Станок с ЧПУ позволяет осуществлять взаимное перемещение детали и инструмента по командам без применения материального аналога обрабатываемой детали (кулачков, шаблонов, копиров). Программа работы станка записывается на перфоленту, перфокарту или набирается на штеккерной панели. В последних моделях станков с ЧПУ составление управляющей программы осуществляется оператором с помощью клавиатуры микро-ЭВМ, а редактирование программы в режиме диалога с графическим дисплеем. Ввиду того, что программа составляется заранее, то благодаря быстрой смене программноносителя станок с ЧПУ переналаживается в короткое время на обработку заготовки другой детали.

Основные преимущества станков с ЧПУ следующие: простота модификации технологического процесса путем внесения корректирующих программ на программноноситель или в запоминающее устройство микро-ЭВМ; высокие режимы обработки с использованием максимальных возможностей станка; исключение предварительных ручных разметочных и пригоночных работ; повышение производительности труда за счет сокращения вспомогательного и машинного времени обработки; повышение точности и идентичности деталей; сокращение числа переустановок

деталей при обработке и сроков подготовки производства.

Функции станочника упрощаются и сводятся к установке заготовки и съему детали, контролю за циклом обработки, смене инструмента. Благодаря автоматическому позиционированию устраняются ошибки оператора при установке координат. Коэффициент использования станков с ЧПУ выше, чем универсальных, благодаря сокращению времени наладки, смены инструментов, контроля и повышению процента машинного времени в цикле работы станка (до 75%). Поэтому срок окупаемости станков с ЧПУ составляет 2-3 года.

Токарный станок с ЧПУ модели 16К20Ф3 предназначен для токарной обработки наружных и внутренних поверхностей деталей со ступенчатым и криволинейным профилем в осевом сечении при полуавтоматическом цикле, заданном программой.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной 500 мм;
- наибольшая длина обрабатываемой заготовки 1000 мм;
- число частот вращения шпинделя 22, в том числе автоматически переключаемых 9;
- скорость движения продольной подачи 3-1200 мм/мин;
- скорость быстрых продольных ходов 4800 мм/мин;
- дискретность продольных перемещений 0,01 мм;
- дискретность поперечных перемещений 0,005 мм.

Станок 16К20Ф3 сконструирован на базе станка 16К20, поэтому компоновка, составные части и движения у этих станков одинаковы. Во многом унифицирована также конструкция. Особенностью станка является шестипозиционный резцедержатель с горизонтальной осью поворота и съемной инструментальной головкой (рисунок 7.25).

Кинематика станка (рисунок 7.26). Главное движение сообщается шпинделю. Источником движения служит электродвигатель М1. Автоматическая коробка скоростей с электромагнитными муфтами обеспечивает автоматическое переключение частоты вращения в диапазоне, равном 16. Коробка скоростей связана с двигателем и со шпиндельной бабкой клиноременными передачами.

Продольная и поперечная подача осуществляется ходовыми винтами от отдельных электродвигателей.

Нарезание резьбы достигается согласованием сигналов, поступающих от фотоэлектрического датчика резьбонарезания в шпиндельной бабке, и сигналов, поступающих в шаговый двигатель М2. Благодаря этому, вращение шпинделя согласуется с продольным перемещением

шпинделя. Согласование осуществляет система ЧПУ.

В ней же переключателем настраивают соотношение движений, необходимое для заданного шага нарезаемой резьбы.

Поворот шестипозиционного резцедержателя вокруг горизонтальной оси производится электродвигателем М4 через зубчатые колеса и червячную передачу. В рабочем положении планшайба фиксируется от поворота плоскозубой муфтой.

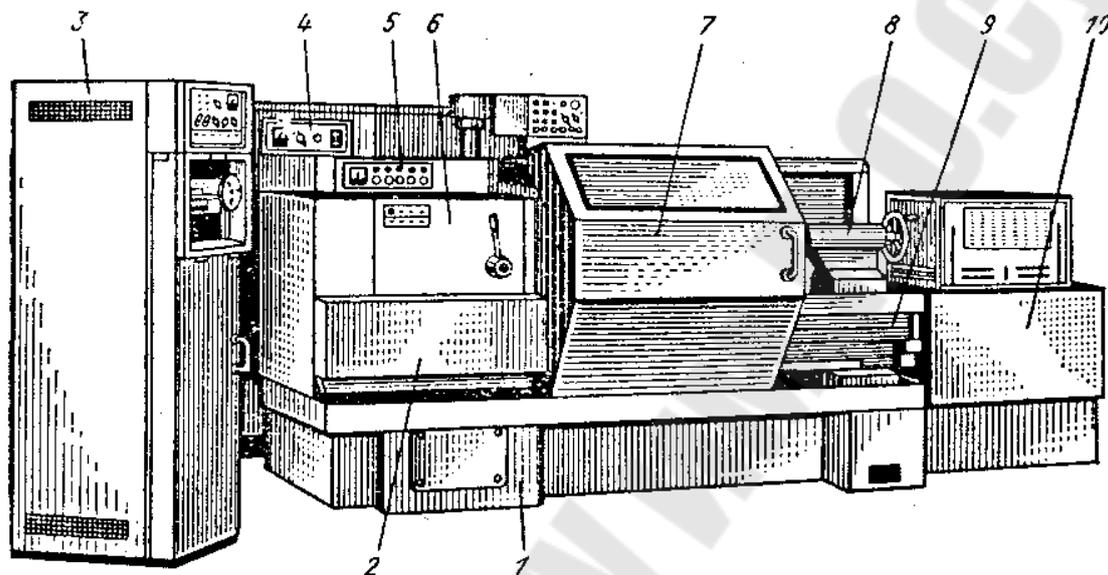


Рисунок 7.25 – Общий вид токарного станка с ЧПУ

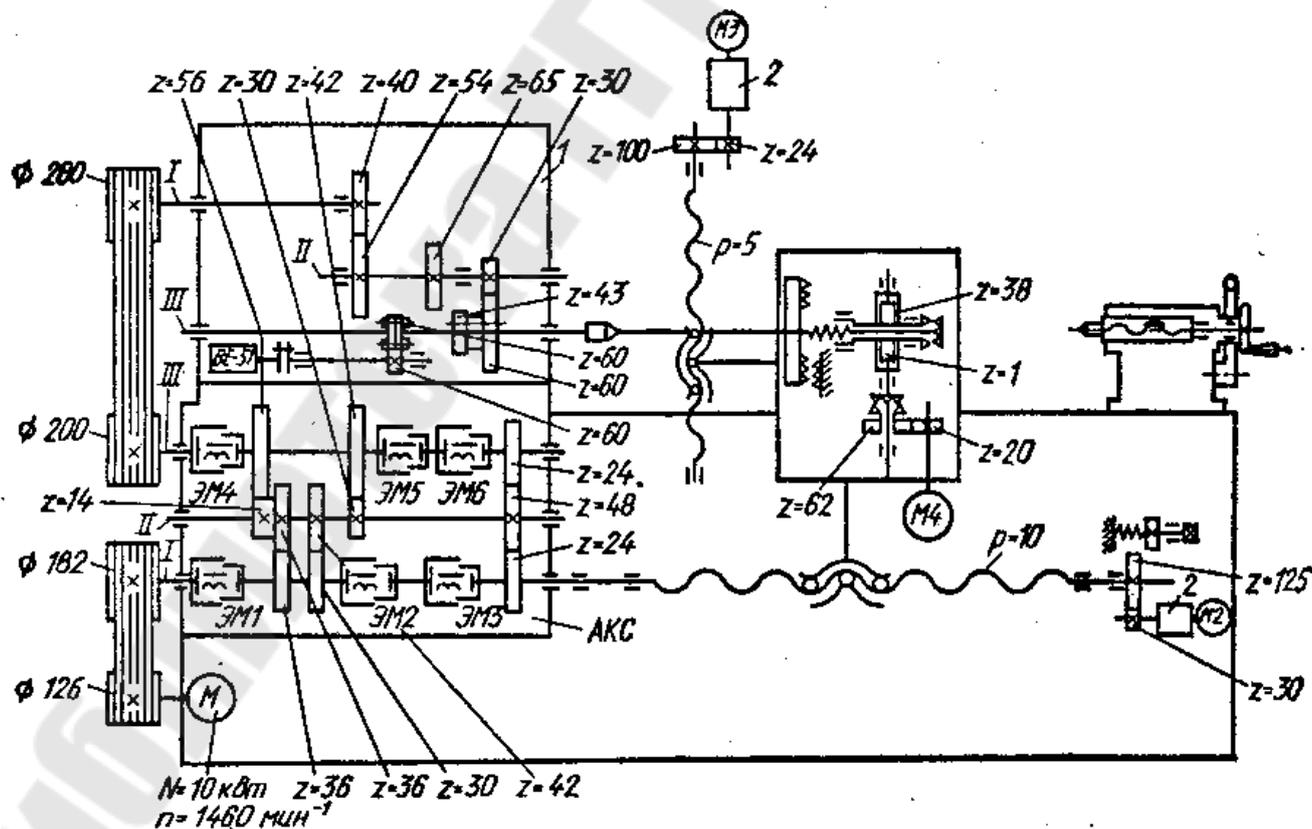


Рисунок 7.26 – Кинематическая схема токарного станка с ЧПУ

8. СТАНКИ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

Станки сверлильно-расточной группы используются для сверления отверстий, рассверливания, зенкерования, растачивания и развертывания отверстий, подрезки торцов резцами, фрезерования поверхностей и пазов, нарезания резьбы метчиками, резцами и другими инструментами (рисунок 8.1).

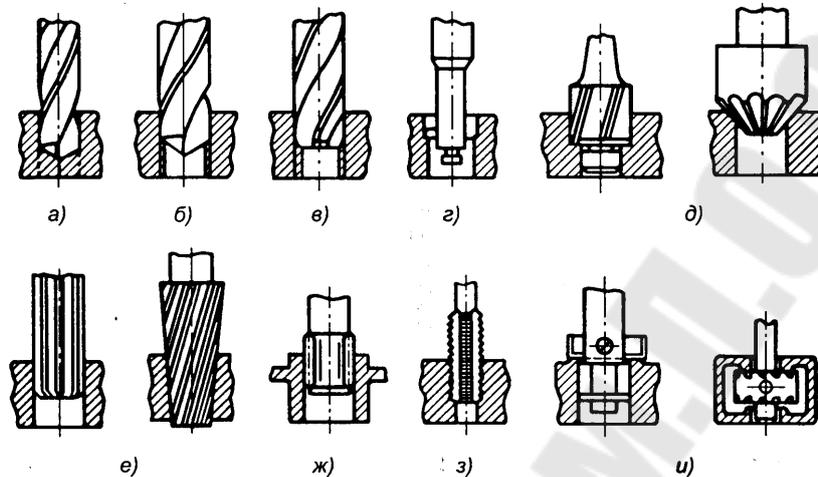


Рисунок 8.1 – Основные виды работ, выполняемые на сверлильных станках

Существуют следующие основные типы сверлильных и расточных станков (рисунок 8.2):

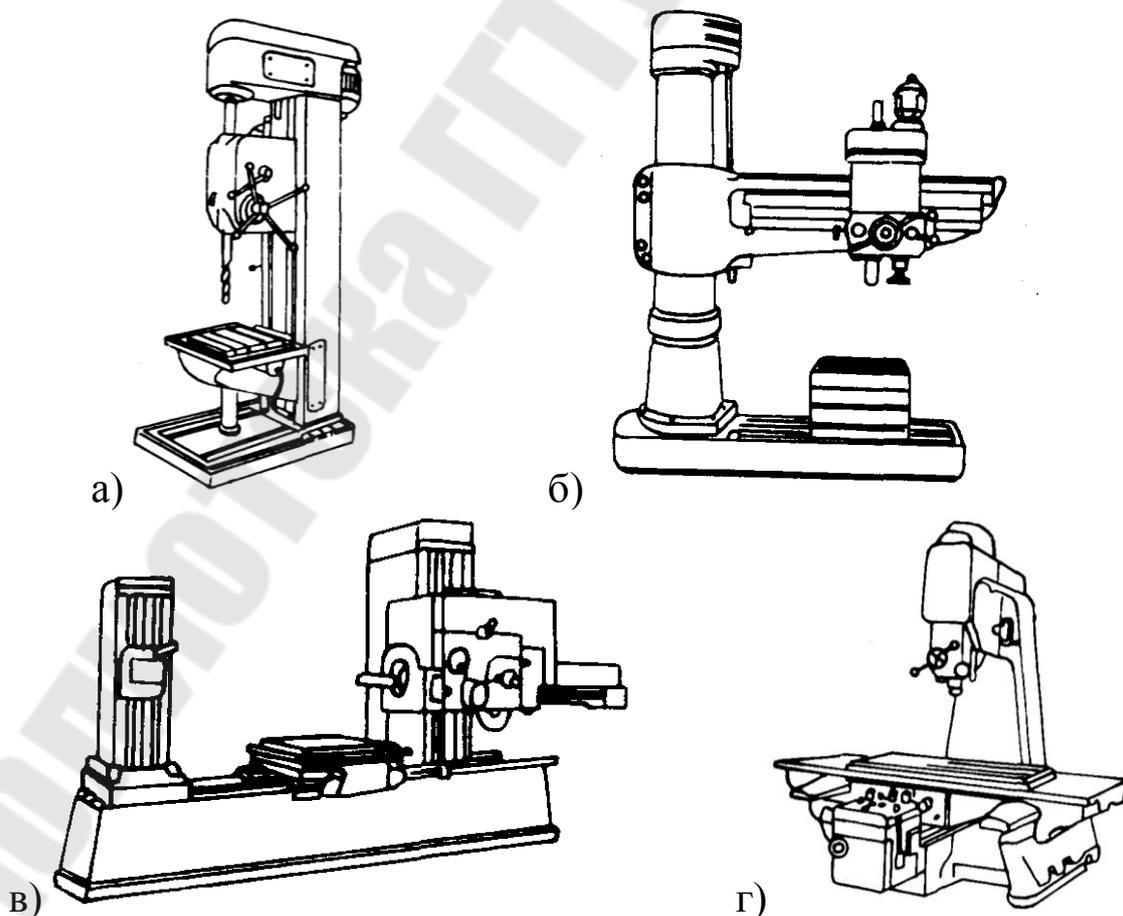


Рисунок 8.2 – Основные виды станков сверлильно-расточной группы

- вертикально-сверлильные станки применяют преимущественно для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера. Для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента на этих станках предусмотрено перемещение стола станка вместе с заготовкой относительно инструмента (рисунок 8.2, а);

- радиально-сверлильные станки используют для сверления отверстий в деталях больших размеров. На этих станках совмещение осей отверстий и оси шпинделя с инструментом достигается перемещением шпиндельной бабки по направляющим поворотной траверсы относительно неподвижной детали (рисунок 8.2, б);

- горизонтально-расточной станок предназначен для растачивания и сверления отверстий, фрезерования и обтачивания вертикальных плоских поверхностей набором фрез или резцом, нарезания резьб и других операций при обработке заготовок корпусных деталей в мелкосерийном и серийном производстве (рисунок 8.2, в);

- координатно-расточные станки предназначены для обработки отверстий с высокой точностью и их взаимным расположением относительно базовых поверхностей в корпусных деталях, кондукторных плитах, штампах в единичном и мелкосерийном производстве (рисунок 8.2, г).

8.1. Вертикально-сверлильные станки

Вертикально-сверлильный станок модели 2Н135 предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания, зенкования, цекования, резбонарезания метчиками в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Техническая характеристика станка

- наибольший условный диаметр сверления 35 мм;
- число частот вращения шпинделя 12;
- диапазон частот вращения шпинделя 31,5-1400 об/мин;
- число подач шпинделя 9;
- диапазон подач шпинделя 0,1-1,6 мм/об.

Основные узлы станка (рисунок 8.3): станина; электродвигатель; сверлильная головка; шпиндель; стол; плита; шкаф электроаппаратуры.

Инструменту, закрепленному в шпинделе сверлильной головки, сообщают вращательное движение резания и поступательное движение подачи. Заготовка, установленная на столе станка в процессе резания неподвижна. Несущая колонка прикреплена к плите и снабжена вертикальными направляющими типа ласточкиного хвоста для установочно-

го перемещения стола и сверильной головки. В сверильной головке размещена коробка подач и коробка скоростей. Станок имеет систему подвода СОЖ. Перемещение стола и сверильной головки, а также шпинделя станка осуществляется рукоятками.

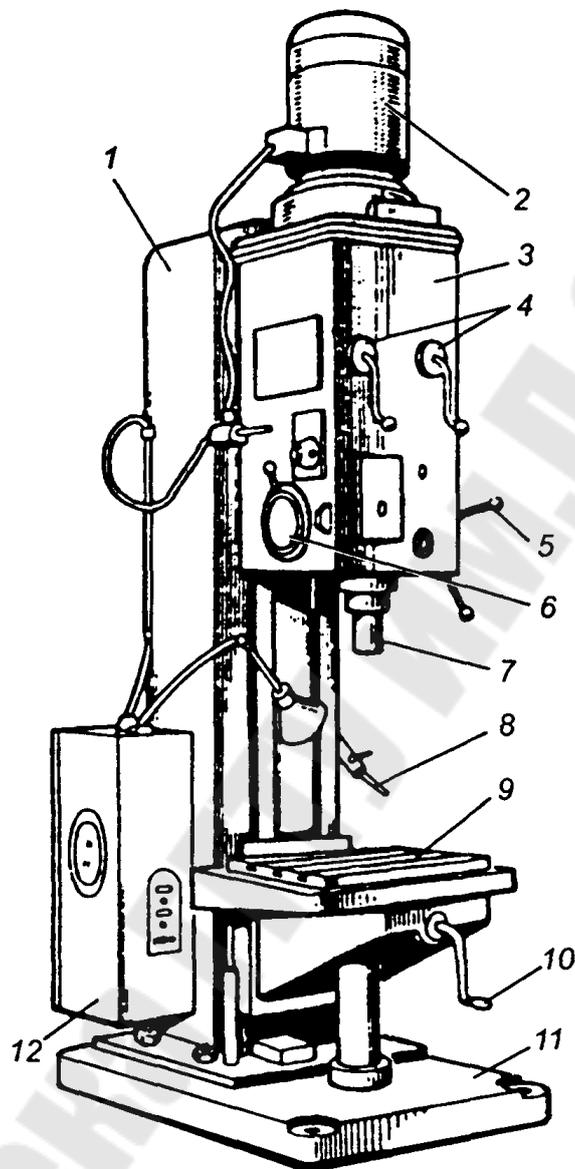


Рисунок 8.3 – Общий вид вертикально-сверильного станка

Кинематика станка (рисунок 8.4). Цепь главного движения, т.е. движения резания, соединяет электродвигатель М1 со шпинделем через коробку скоростей.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка: n об/мин электродвигателя \rightarrow n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot i_{\text{кс}} = n_{\text{шп}}.$$

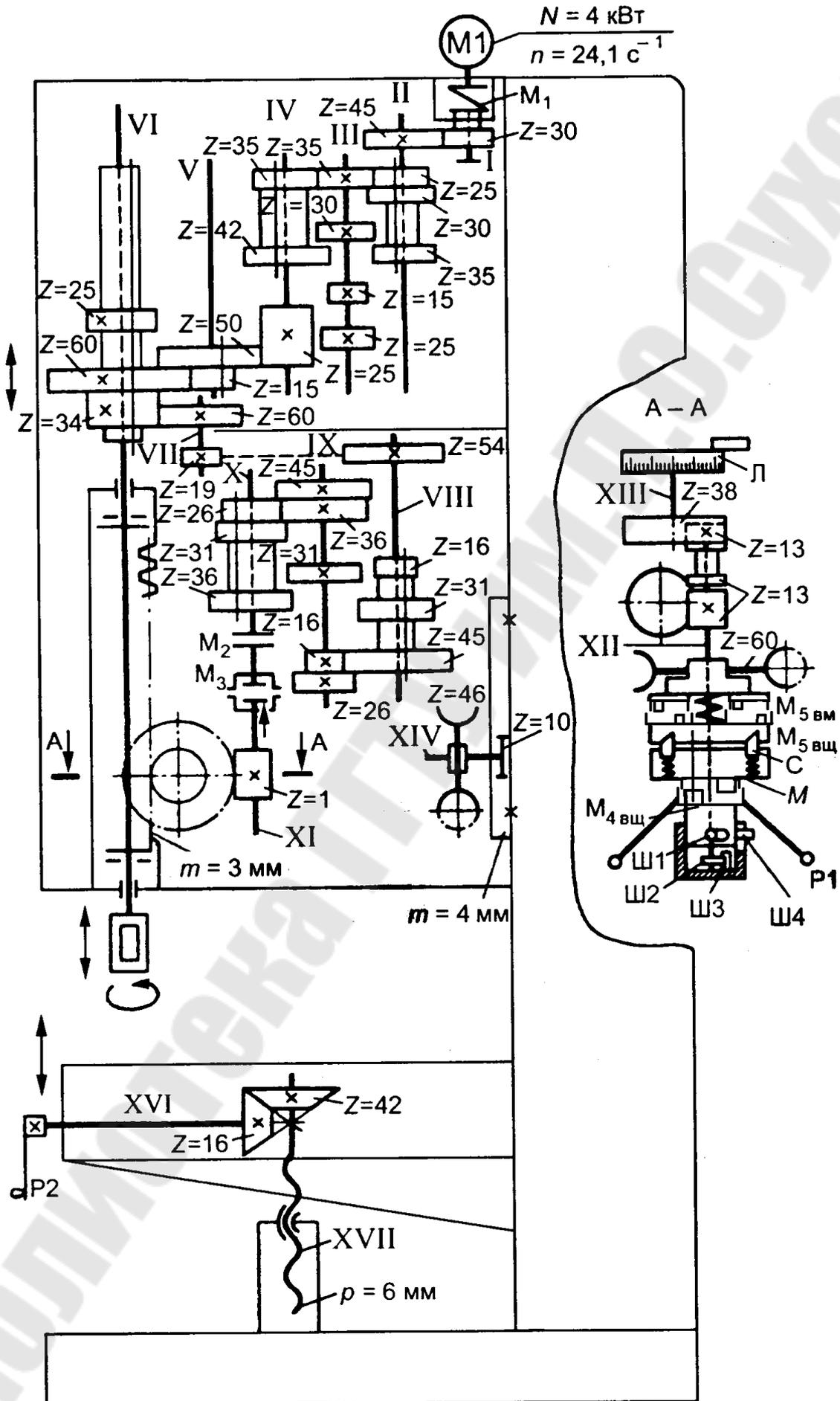


Рисунок 8.4 – Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка

Конечные звенья цепи привода осевой подачи шпинделя станка: 1 оборот шпинделя – шпиндель с инструментом.

Расчетное перемещение цепи привода осевой подачи шпинделя станка: 1 об. шп. \rightarrow s мм/об шпинделя.

Уравнение кинематического баланса цепи привода осевой подачи шпинделя станка в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_{kn} \cdot i_{nn} \cdot (\pi \cdot m \cdot z) = s_{шп.}$$

Штурвальное устройство сверлильной головки позволяет вручную подвести инструмент к заготовке и отнести его, включить и выключить рабочую подачу, ускорить движение без выключения рабочей подачи, осуществить подачу, используемую при нарезании резьбы.

Механизм ручного перемещения сверлильной головки состоит из червячной передачи, реечного колеса на валу и рейки, привернутой к колонне. Колесо перекачивается по рейке и перемещает головку.

Механизм ручного перемещения стола состоит из рукоятки, конической передачи, передачи винт-гайка.

Для закрепления режущего инструмента конический хвостовик может быть установлен в коническое отверстие шпинделя непосредственно или с помощью переходных втулок. Инструменты с цилиндрическими хвостовиками закрепляют в кулачковом или цанговом патроне, вставленном в шпиндель.

Инструменты устанавливаются также в специальные головки, закрепленные на гильзе шпинделя. В револьверной головке может быть от двух до семи последовательно работающих инструментов. У многошпиндельных головок либо постоянное расположение шпинделей, либо можно изменять расстояние между осями одновременно работающих инструментов.

На рисунке 8.5 представлена структурная схема вертикально-сверлильного станка, а на рисунке 8.6 представлены основные детали вертикально-сверлильного станка модели 2Н135.

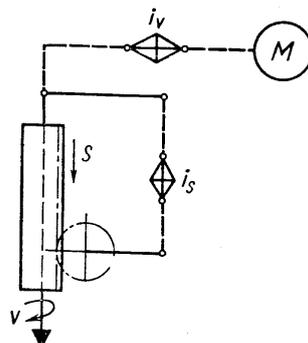


Рисунок 8.5 – Структурная схема вертикально-сверлильного станка

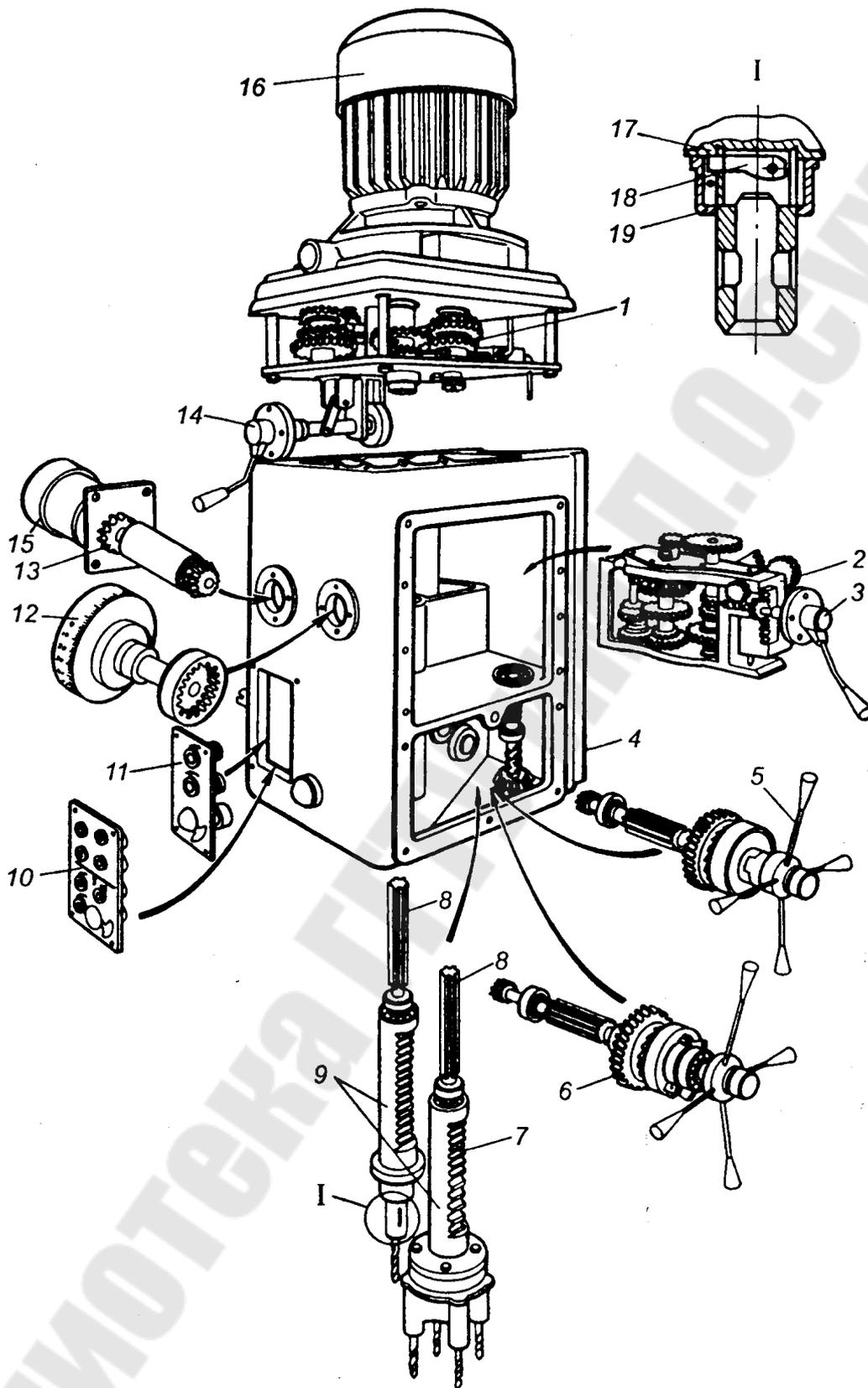


Рисунок 8.6 – Основные узлы и детали вертикально-сверлильного станка: 1 – коробка скоростей; 2 – коробка подач; 3, 5, 14 – рукоятки управления; 4 – корпус сверлильной головки; 6, 7, 9, 13 – механизмы управления; 8 – шлицы шпинделя; 10, 11 – панели управления; 12 – лимб; 15 – электропривод ускоренного перемещения шпинделя; 16 – электродвигатель; 17 – обойма; 18 – выбивной кулачок; 19 – кожух

8.2. Горизонтально-расточные станки

Расточные станки предназначены для растачивания и сверления отверстий, фрезерования и обтачивания вертикальных и горизонтальных плоских и фасонных поверхностей набором фрез или резцом, нарезания резьб и других операций при обработке корпусных деталей в мелкосерийном и серийном производстве.

В зависимости от характера операций, назначения и конструктивных особенностей, расточные станки подразделяют на универсальные и специальные. Универсальные станки делят на горизонтально-расточные и алмазно-расточные (отделочно-расточные) и координатно-расточные.

Для расточных станков наиболее существенными параметрами, определяющими основные данные станка, являются диаметр расточного шпинделя и размеры поворотного стола.

Выпускают горизонтально-расточные станки с диаметром шпинделя 80-32 мм и с рабочим размером поворотных столов от 800-900 до 1600 - 1800 мм.

Универсальный горизонтально-расточной станок модели 2620В предназначен для обработки корпусных деталей из черных и цветных металлов и сплавов. На станке производят растачивание, сверление, зенкерование отверстий, подрезку торцов, обрабатывают наружные и внутренние выточки, канавки, конусы, нарезают наружную и внутреннюю резьбу.

Техническая характеристика станка

- диаметр выдвижного шпинделя, мм: 90;
- размеры стола, мм: длина 1250; ширина 1120;
- наибольшие перемещения стола, мм:
 - поперечное 1000;
 - продольное 1090;
- наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки, мм: 1000;
- наибольшее осевое перемещение выдвижного шпинделя, мм: 710;
- частота вращения, об/мин:
 - шпинделя 12,5-1600;
 - планшайбы 8-200;
- осевая подача шпинделя, мм/мин: 2,2-1760;
- мощность электродвигателя главного движения, кВт: 8,5/10.

Конструкция станка. На станине имеющей коробчатую форму и внутренние ребра жесткости, справа жестко установлена стойка. По вертикальным направляющим стойки перемещается уравновешенная шпиндельная бабка, в которой: размещены механизм главного движения, механизм перемещения выдвижного шпинделя, механизм вращения план-

шайбы, механизм радиального перемещения суппорта по пазу планшайбы. На горизонтальных направляющих станины установлен стол с зажимным устройством для фиксации положения салазок в продольном направлении. На поперечных направляющих установлен верхний суппорт с поворотным столом и зажимные устройства. В правой нижней части станины установлен привод подачи станка. На станине установлена задняя стойка, с люнетом, который перемещается по вертикальным направляющим задней стойки вместе со шпиндельной бабкой (рисунок 8.7).

Принцип работы станка заключается в следующем. Инструмент крепят в шпинделе или в суппорте планшайбы, он получает главное движение - вращение. Заготовку устанавливают непосредственно на столе станка или в приспособление. Столу сообщается продольное или поперечное поступательное движение - движение подачи. Шпиндельная бабка перемещается в вертикальном направлении по передней стойке (одновременно с ней перемещается вертикально опорный люнет на задней стойке). Расточный шпиндель получает поступательное перемещение (при растачивании отверстий, нарезании внутренней резьбы). Суппорт планшайбы перемещается по планшайбе в радиальном направлении. Все эти движения являются движениями подачи.

Кинематика станка (рисунок 8.8). Главное движение в станке - вращение шпинделя и планшайбы. Они вращаются от двухскоростного электродвигателя М1 через коробку скоростей. Планшайба начинает вращаться при включении муфты, которая приводит в движение зубчатое колесо, свободно посаженное на валу. От вала через зубчатую передачу получает вращение пустотелый вал и закрепленная на нем планшайба.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка с инструментом или планшайба.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow n$ об/мин шпинделя станка или планшайбы.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кс} \cdot i_{nn} = n_{шп(пл)} .$$

Подачи и быстрые установочные перемещения рабочих органов станка осуществляются от регулируемого электродвигателя М2, работающего в системе генератор-двигатель.

Подача и скорость установочных перемещений регулируется в широких пределах путем бесступенчатого изменения частоты вращения вала электродвигателя. Движения рабочих органов станка реверсируются также электродвигателем.

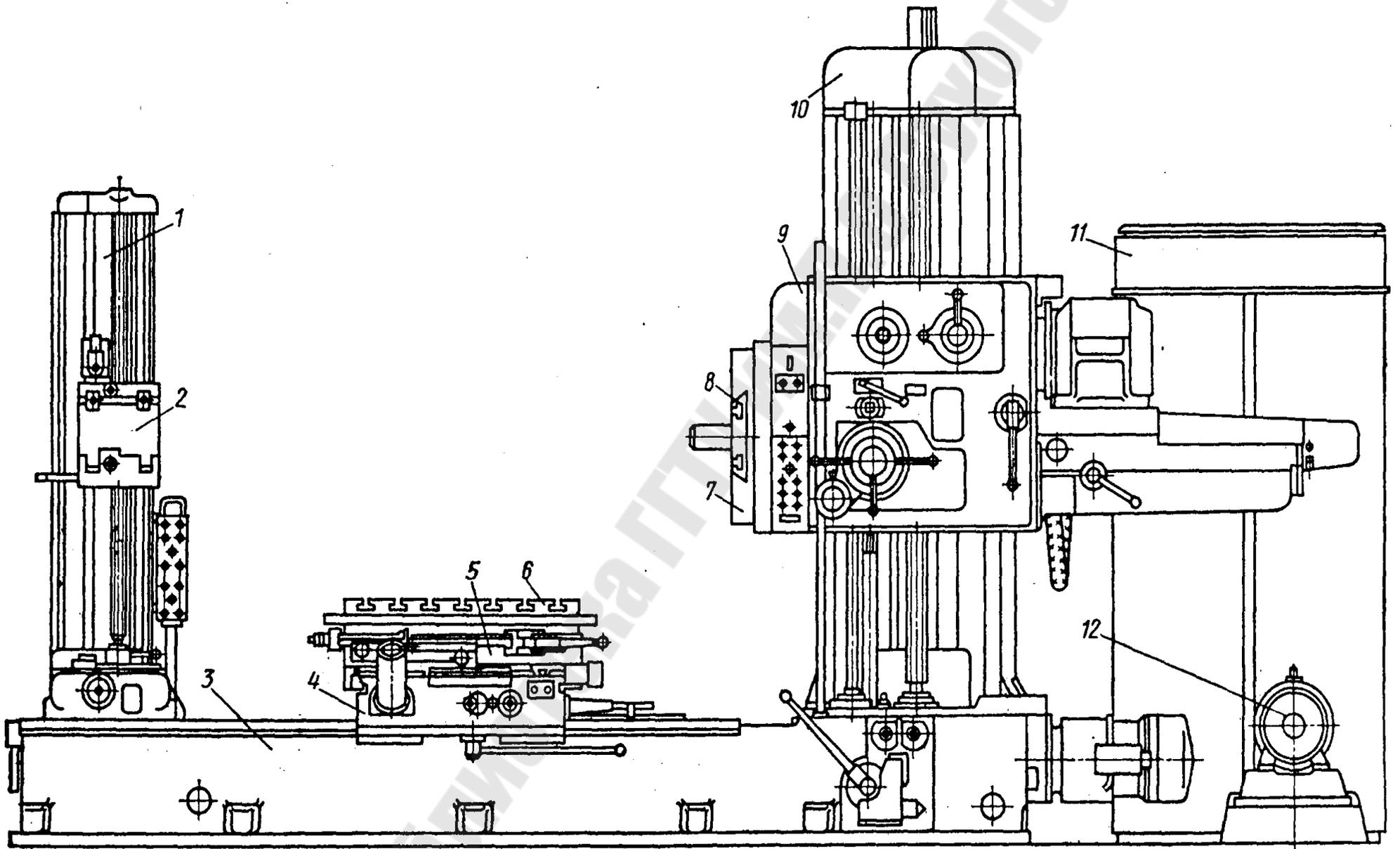


Рисунок 8.7 – Общий вид горизонтально-расточного станка

От этого электродвигателя могут осуществляться следующие механические подачи и установочные движения рабочих органов: осевая подача расточного шпинделя и радиальная подача суппорта, вертикальное перемещение шпиндельной бабки и одновременное перемещение люнета, поперечная и продольная подачи стола.

Осевое перемещение расточного шпинделя может осуществляться механически и вручную. Осевая подача расточного шпинделя сообщается от электродвигателя постоянного тока М2 через цилиндрическую пару, электромагнитную муфту, коническую пару, цилиндрические колеса, коническую передачу, муфту, цилиндрические колеса и ходовой винт.

Конечные звенья цепи движения подачи шпинделя станка: электродвигатель – шпиндель станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи движения подачи шпинделя станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow S$ мм/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи шпинделя станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нн}} \cdot i_{\text{кн}} \cdot i_{\text{нн}} \cdot t_{\text{хв}} = S_{\text{шп}}.$$

При нарезании резьбы необходимо, чтобы за один оборот шпинделя осевое перемещение его было равно шагу нарезаемой резьбы. Расчетная кинематическая цепь при нарезании резьбы начинается от шпинделя и заканчивается его осевым перемещением. Необходимый шаг нарезаемой резьбы обеспечивается подбором сменных колес.

Конечные звенья цепи движения подачи шпинделя станка при нарезании резьбы: 1 оборот шпинделя – шпиндель станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи движения подачи шпинделя станка при нарезании резьбы: 1 об шпинделя $\rightarrow P$ (шаг нарезаемой резьбы).

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи шпинделя станка при нарезании резьбы в общем виде:

$$1_{\text{об.шп}} \cdot i_{\text{нн}} \cdot i_{\text{з}} \cdot i_{\text{нн}} \cdot t_{\text{хв}} = P.$$

Радиальное перемещение суппорта планшайбы осуществляется через планетарный механизм. Суппорт расположен на планшайбе, которая может вращаться с различной частотой.

Вертикальные перемещения шпиндельной бабки осуществляются от электродвигателя М2 ходовым винтом при включенной муфте М3. Вертикальное перемещение люнета производится ходовым винтом одновременно с вертикальным перемещением шпиндельной бабки. Точное положение люнета относительно оси шпинделя по высоте корректируется вручную, вращая гайку, перемещающую люнет.

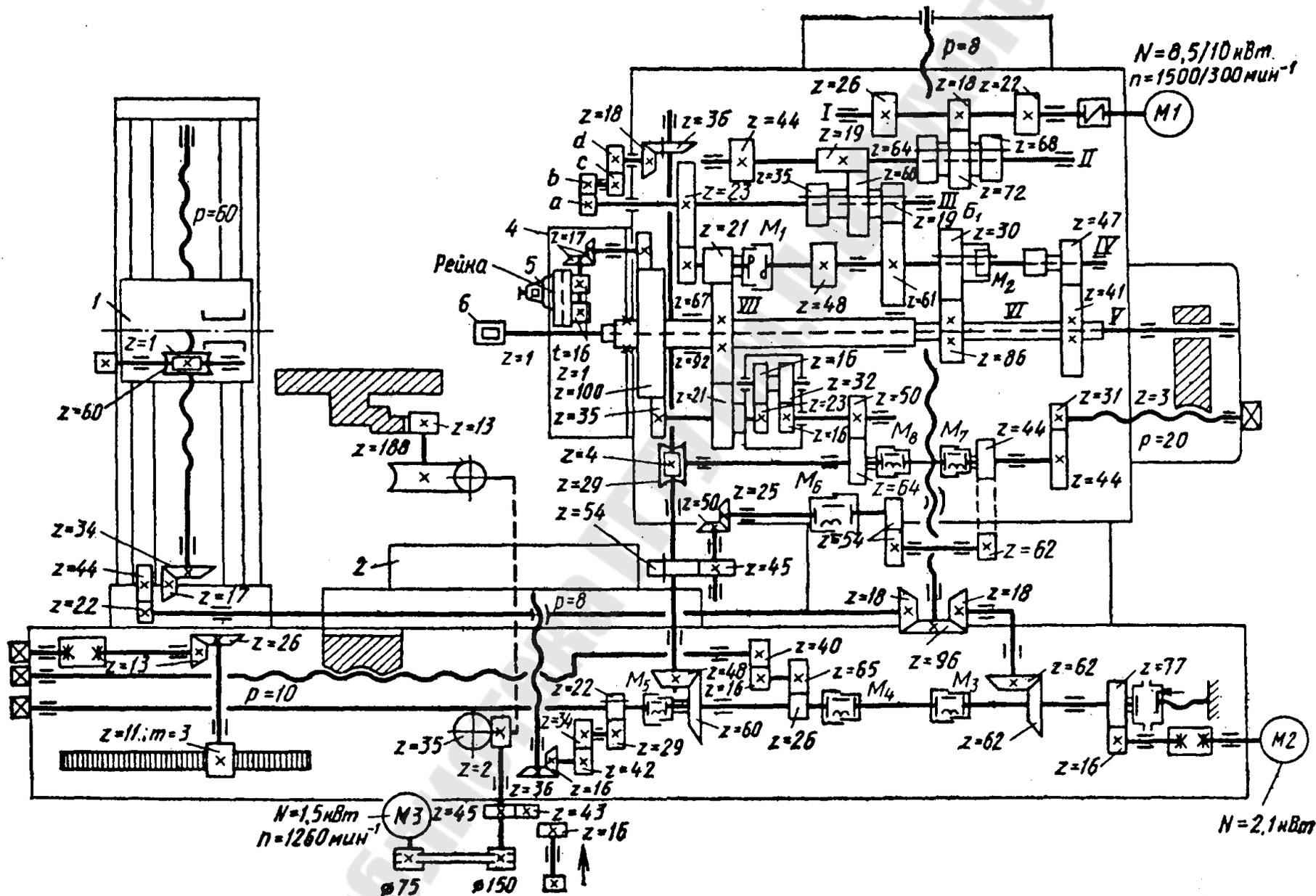


Рисунок 8.8 – Кинематическая схема горизонтально-расточного станка

Продольное перемещение стола осуществляется ходовым винтом при включенной муфте М4, поперечное перемещение стола - от электродвигателя М3 с помощью ходового винта.

Конечные звенья цепи движения продольной подачи стола станка: электродвигатель М2 – стол станка с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи движения продольной подачи стола станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow S$ мм/мин стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения продольной подачи стола станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot i_{\text{кп}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot t_{\text{хв}} = S_{\text{продст.}}$$

Конечные звенья цепи движения поперечной подачи стола станка: электродвигатель М3 – стол станка с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи движения поперечной подачи стола станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow S$ мм/мин стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения поперечной подачи стола станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot i_{\text{кп}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot t_{\text{хв}} = S_{\text{поперст.}}$$

Стол поворачивается либо от отдельного электродвигателя М3 через зубчатые передачи, либо вручную.

Конечные звенья цепи движения круговой подачи стола станка: электродвигатель М3 – стол станка с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи движения круговой подачи стола станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow S$ об/мин стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения круговой подачи стола станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нп}} = S_{\text{кругст.}}$$

8.3. Координатно-расточные станки

На координатно-расточных станках можно размечать и центровать, сверлить, развертывать, окончательно растачивать отверстия, обрабатывать фасонные контуры, фрезеровать торцы бобышек и др.

Станки этого типа применяются для обработки точных отверстий в тех случаях, когда расстояние между осями или расстояния их осей до базовых поверхностей детали должны быть выдержаны с очень высокой точностью.

Точные расстояния между осями обработанных отверстий и принятыми, базовыми поверхностями получают на этих станках без

применения каких-либо приспособлений для направления инструмента. Для точного отсчета перемещений подвижных узлов станка координатно-расточные станки имеют специальные устройства: точные ходовые винты с лимбами и нониусами, жесткие и регулируемые концевые меры вместе с индикаторными устройствами, точные линейки в сочетании с оптическими приборами и индуктивные проходные винтовые датчики при этом применяют механические, оптикомеханические, оптические, оптикоэлектрические и электрические системы.

Координатно-расточные станки бывают одностоечные и двухстоечные. Одностоечные координатно-расточные станки обычно снабжают крестовым столом, который может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях (продольном и поперечном). Шпиндель имеет вращательное движение и движение подачи в осевом направлении. У двухстоечных координатно-расточных станков стол может перемещаться только в продольном направлении, поперечное перемещение по траверсе получает головка со шпинделем.

Координатно-расточные станки можно использовать как измерительные машины для проверки размеров деталей и особо точных разметочных работ. Во избежание температурных влияний окружающей среды на точность работы эти станки необходимо устанавливать в изолированных помещениях, где поддерживается температура 20°C.

Особенностью координатно-расточных станков является то, что они оборудованы оптическими устройствами, позволяющими отсчитывать целую и дробную части размера. Поэтому точность отсчета перемещений стола не зависит от механизмов, перемещающих стол, и не нарушается также при изнашивании этих механизмов. В условиях нормальной эксплуатации станки обеспечивают точность установки межцентровых расстояний в прямоугольной системе координат 0,001, в полярной системе - 5 угл. с. Координаты отсчитывают с помощью точных масштабных зеркальных валиков и оптических приборов.

Координатно-расточной станок модели 2Д450 предназначен для обработки отверстий с точным межосевым расстоянием без применения разметки и кондукторов, для чистового фрезерования, а также для точного измерения расстояний между отверстиями готовых изделий в условиях индивидуального и мелкосерийного производства, главным образом в инструментальных и экспериментальных цехах.

Техническая характеристика станка

- размеры рабочей поверхности стола в мм:
 - длина 1100;
 - ширина 630;
- наибольшие перемещения стола в мм:
 - продольное 1000;
 - поперечное 600;
- наибольшее вертикальное перемещение шпинделя в мм 250;
- наибольшее перемещение шпиндельной коробки в мм 250;
- расстояние от торца шпинделя до стола в мм:
 - наибольшее 750;
 - наименьшее 250;
- расстояние от оси шпинделя до стойки в мм 700;
- пределы чисел оборотов шпинделя в минуту 50 – 1900;
- пределы величин осевой подачи шпинделя в мм/об 0,04 – 0,16;
- наибольший диаметр в мм:
 - при расточке 250;
 - при сверлении 40;
- точность установки стола по координатам в мм $\pm 0,01$;
- скорость подачи стола в продольном и поперечном направлениях в мм/мин 36;
- скорость быстрых перемещений стола в продольном и поперечном направлениях в мм/мин 1000;
- мощность в кВт:
 - главного электродвигателя 2;
 - электродвигателя привода стола 0,245.

Основные узлы станка (рисунок 8.9): шпиндельная бабка; стойка с коробкой скоростей и вариатором привода подач; стол; поперечные салазки; станина; привод перемещений стола.

Движения в станке. Движение резания — вращение шпинделя с инструментом. Движения подач — осевое перемещение шпинделя, продольное, поперечное перемещение стола станка и вращение стола станка. Вспомогательные движения: ручное вертикальное установочное перемещение шпиндельной бабки; установочное перемещение стола в продольном и поперечном направлениях; ручное вертикальное перемещение гильзы со шпинделем.

Кинематика станка (рисунок 8.10): вращение шпинделя с инструментом заимствуется от главного электродвигателя М1 через ременную передачу и коробку скоростей.

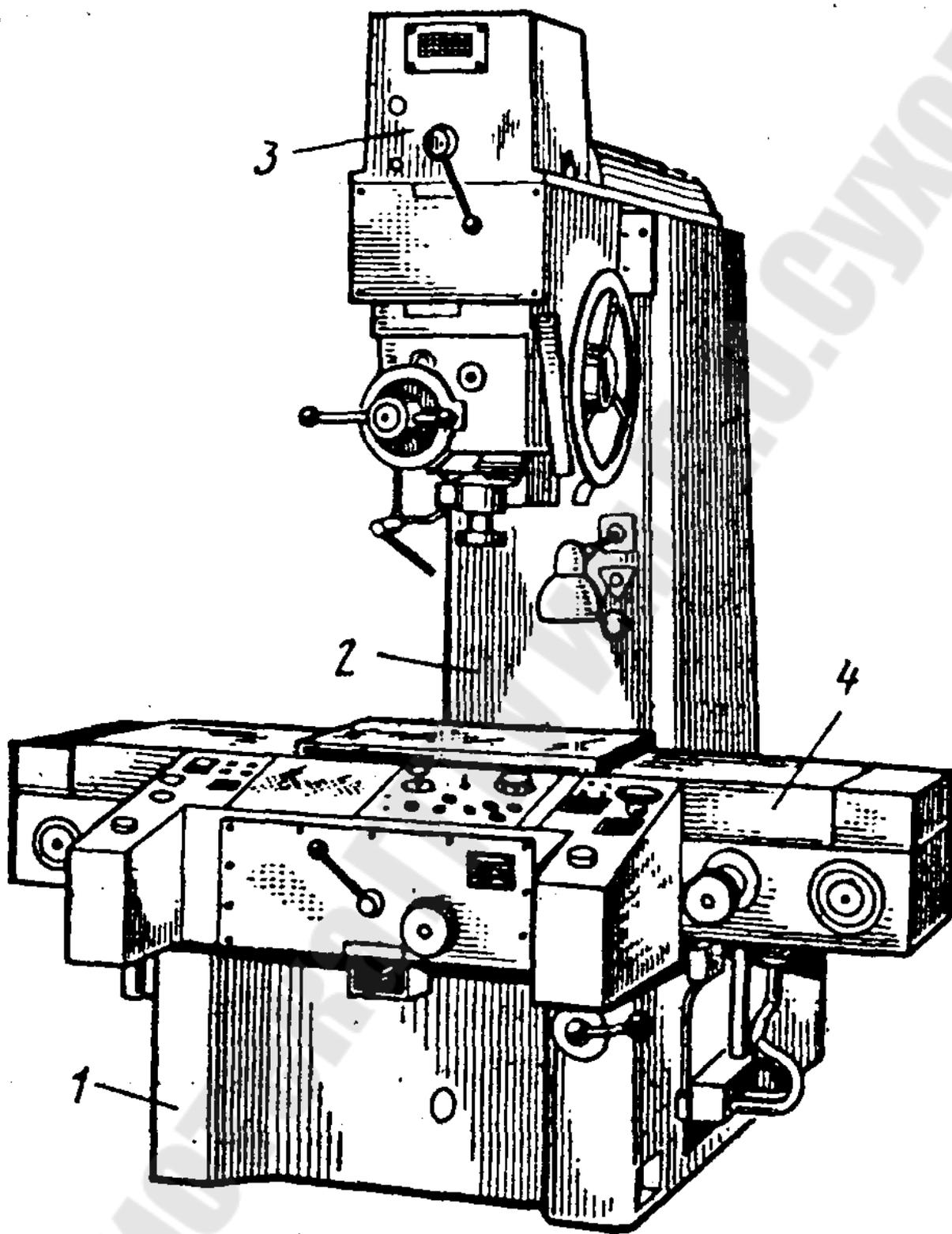


Рисунок 8.9 – Общий вид координатно-расточного станка

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка: n об/мин электродвигателя \rightarrow n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения

станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot i_{\text{кс}} \cdot i_{\text{нп}} = n_{\text{шп}}.$$

Осевое перемещение шпиндельной бабки заимствуется от второго электродвигателя М2 и передаётся через червячную передачу реечную передачу.

Конечные звенья цепи движения осевой подачи шпиндельной бабки станка: электродвигатель – шпиндельная бабка.

Расчетное перемещение цепи движения осевой подачи шпиндельной бабки станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow S$ мм/мин.

Уравнение кинематического баланса цепи движения осевой подачи шпиндельной бабки станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{чп}} \cdot \pi \cdot m \cdot z = S_{\text{шп.б.}}$$

Осевое перемещение шпинделя станка заимствуется от третьего электродвигателя М3 и передаётся через коробку подач и реечную передачу.

Конечные звенья цепи движения подачи шпинделя станка: электродвигатель – шпиндель станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи движения подачи шпинделя станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow S$ мм/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи шпинделя станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot i_{\text{кп}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot \pi \cdot m \cdot z = S_{\text{шп}}.$$

Перемещение стола с заготовкой заимствуется от четвертого электродвигателя М4 и пятого электродвигателей М5 и передаётся через промежуточные и реечные передачи.

Конечные звенья цепи движения подачи стола станка: электродвигатель – стол станка с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи движения подачи стола станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow S$ мм/мин стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи стола станка в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot i_{\text{нп}} \cdot \pi \cdot m \cdot z = S_{\text{стола}}.$$

Принцип работы станка. Обрабатываемая деталь устанавливается на столе станка. Режущий инструмент укрепляют в шпинделе. Оси обрабатываемых отверстий совмещают с осью шпинделя перемеще-

нием стола в продольном и поперечном направлениях в соответствии с заданными координатами. Отсчет величины перемещения стола производится с помощью оптических систем. При обработке отверстий подачей является осевое перемещение шпинделя, при чистовом фрезеровании подача сообщается столу.

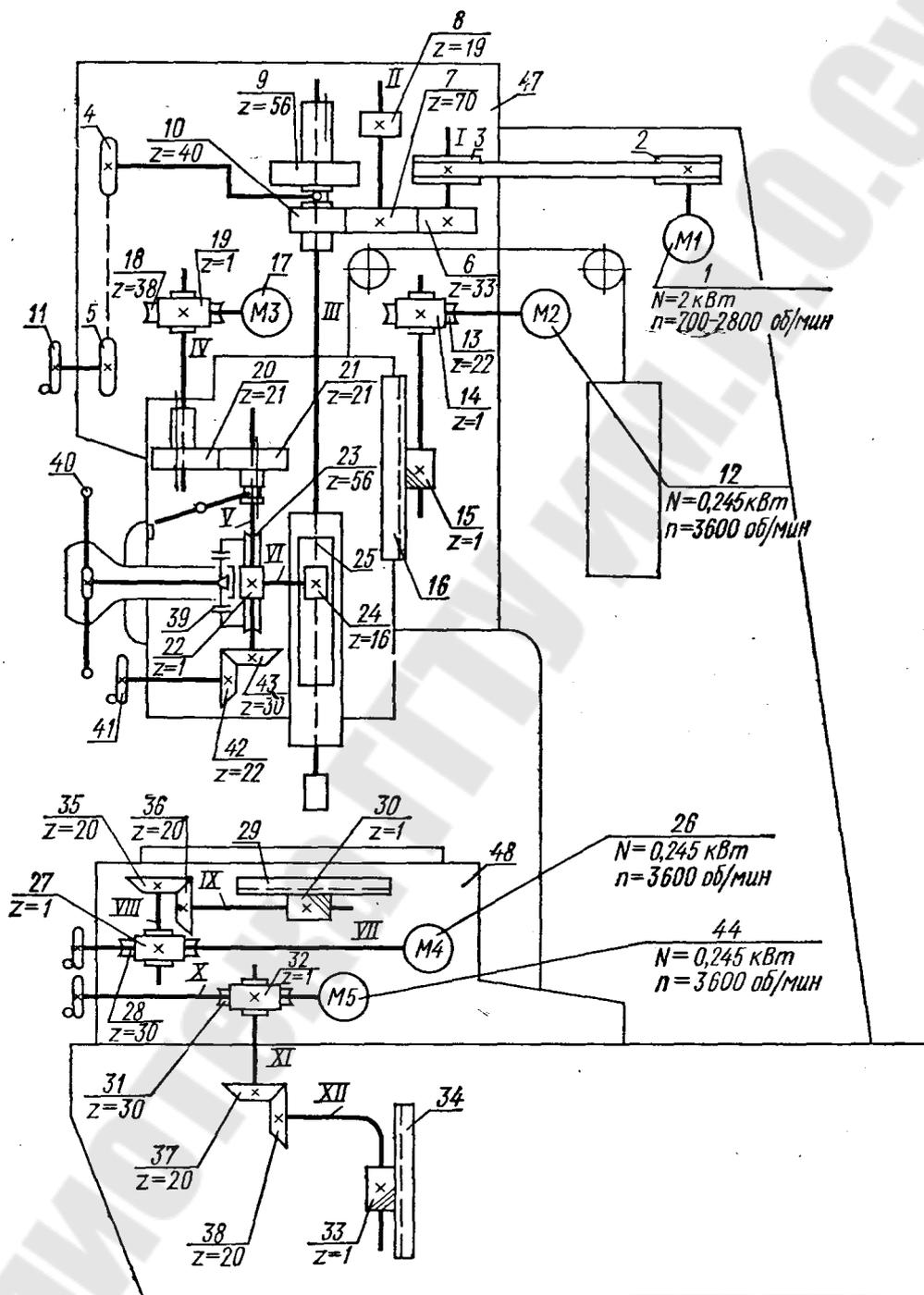


Рисунок 8.10 – Кинематическая схема координатно-расточного станка

Конструктивные особенности. Станок имеет отдельные механизмы привода шпинделя и рабочего стола. Он снабжен универсальным поворотным столом, позволяющим осуществлять обработку от-

верстей в полярной системе координат с отчетом углов по лимбам, деление окружности на равные части с помощью делительных дисков, а также обработку наклонных отверстий. Станок модели 2450 является одноколонным, с вертикальным перемещением шпиндельной головки и прямоугольным столом, получающим перемещения в продольном и поперечном направлениях.

Отсчет величины перемещений стола с точностью до 0,01 мм производится по точным шкалам оптического устройства.

Скорость вращения шпинделя изменяется бесступенчато от регулируемого электродвигателя постоянного тока.

Изменение величины подачи шпинделя на станке модели 2450 также производится бесступенчато. Для этой цели в приводе подачи шпинделя установлен вариатор с раздвижными конусами и стальным кольцом. Для обработки отверстий на заданную глубину станок снабжен специальным автоматическим выключателем подачи. Рациональное расположение всех органов управления обеспечивает удобство работы на станке.

8.4. Радиально-сверлильные станки

На радиально-сверлильных станках выполняют те же технологические операции, что и на вертикально-сверлильных, а именно: сверление отверстий в сплошном материале, рассверливание и зенкование предварительно просверленных отверстий, зенкование торцовых поверхностей, развертывание отверстий, нарезание внутренней резьбы метчиками.

С помощью специальных инструментов и приспособлений на них можно растачивать отверстия, канавки, вырезать отверстия большого диаметра в дисках из листового материала, притирать точные отверстия цилиндров, клапанов и т. д. Как видно из перечня технологических операций, радиально-сверлильные станки являются универсальными. Основное назначение их - обработка отверстий в крупных деталях в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Принципиальное отличие от вертикально-сверлильных станков состоит в том, что при работе на них приходится перемещать обрабатываемую деталь относительно сверла, в радиально-сверлильных станках, наоборот, сверло перемещают относительно обрабатываемой детали. Это сделано неслучайно, так как при обработке тяжелых де-

талей на их установку, выверку и закрепление требуется больше времени, чем на подвод сверла.

Шпиндель радиально-сверлильного станка легко можно перемещать как в вертикальном направлении, так и в горизонтальном направлении по окружностям различных радиусов. Это дает возможность сверлить отверстия в любой точке участка детали, ограниченного двумя concentрическими секторами окружностей: одна из них образована радиусом наибольшего, а другая — наименьшего вылета шпинделя при круговом вращении рукава относительно колонны станка. Благодаря своей универсальности радиально-сверлильные станки находят широкое применение — от ремонтного до машиностроительных цехов крупносерийного производства.

В промышленности применяют много различных типов радиально-сверлильных станков. Приведем некоторые из них (рисунок 8.11).

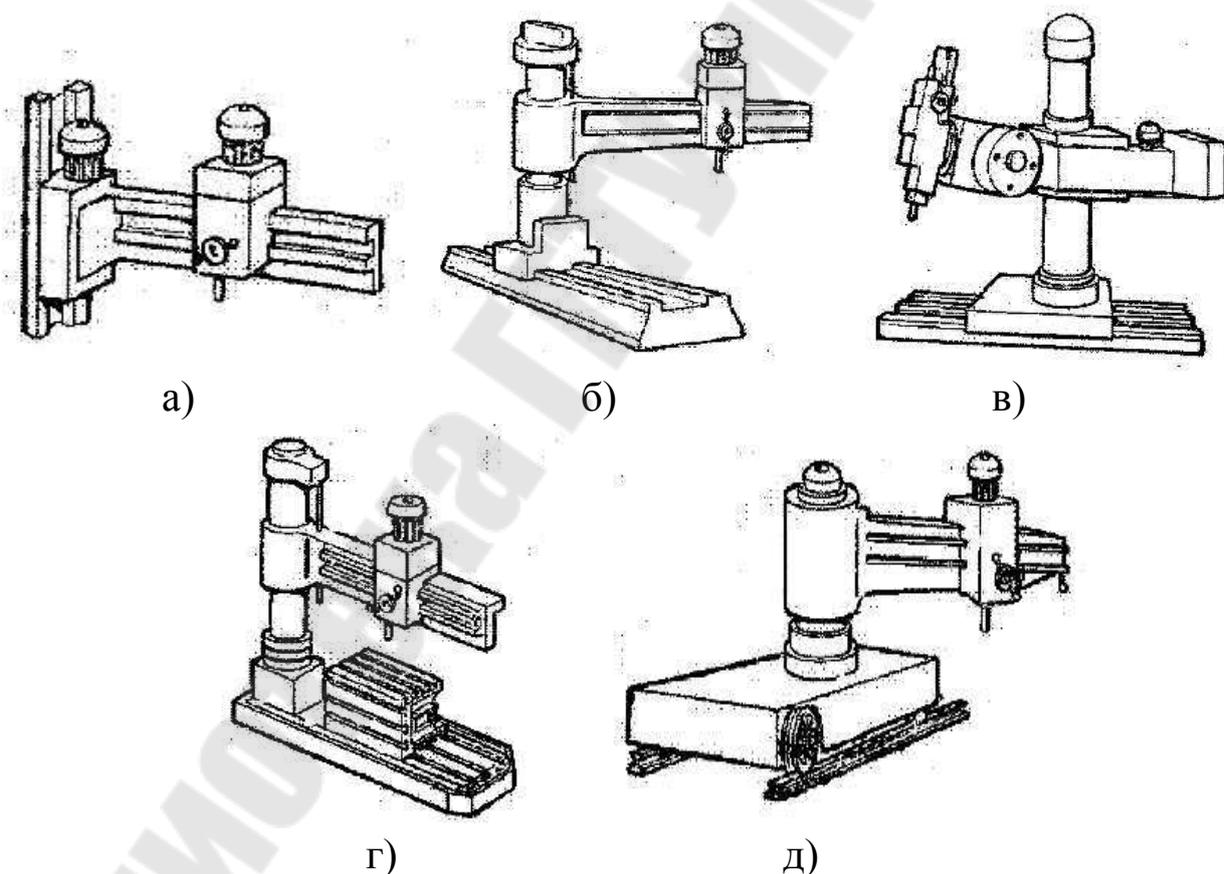


Рисунок 8.11 – Типы радиально-сверлильных станков

В настенном радиально-сверлильном станке отсутствуют плита и колонна (рисунок 8.11, а). Эти станки применяют для обработки стальных конструкций и прокатного или листового материала. Крупные котлы и резервуары обрабатывают на них с механическим вертикальным перемещением рукава.

Радиально-сверлильный станок с колонной, перемещающейся по направляющим станины (рисунок 8.11, б) предназначен для обработки тяжелых труднотранспортируемых и громоздких деталей.

Переносный радиально-сверлильный станок (рисунок 8.11, в) применяется для обработки отверстий в крупных корпусных стальных и чугунных отливках. Он является широкоуниверсальным с поворотной головкой и применяется в тяжелом машиностроении, на судостроительных заводах.

Радиально-сверлильный станок общего назначения представлен на рисунок 8.11, г. Обрабатываемую заготовку устанавливают на плите или на столе. Шпиндель станка занимает вертикальное положение и может перемещаться в трех направлениях: вокруг оси колонны, по радиусам этой окружности и вертикально — вдоль своей оси.

Радиально-сверлильный станок (рисунок 8.11, д) может быть смонтирован на самоходной тележке, которая перемещается с помощью электропривода по нормальной железнодорожной колее. Перемещение колонны по станине, вертикальное и горизонтальное перемещение рукава осуществляют механически. Зажим колонны, рукава и салазок на станине производится гидравлически.

Радиально-сверлильные станки имеют широкий диапазон частот вращения и большое число скоростей шпинделя и механических подач при высокой мощности главного привода. Вспомогательное время при работе на радиально-сверлильных станках достаточно велико. Для его уменьшения станки снабжают механизмами с минимальным временем переключения частот вращения шпинделя и изменения величины подачи. Органы управления станком сосредоточивают в одном месте — на сверлильной (шпиндельной) головке. Включение и реверсирование вращения шпинделя осуществляют многодисковой фрикционной муфтой, а изменение скоростей и подач — гидравлическим преселективным управлением. Система предохранительных устройств исключает поломки станка вследствие его перегрузки.

Значительное применение получили различные модели радиально-сверлильных станков, предназначенные для сверления отверстий диаметром от 35, 50, 75 до 100 мм.

Наиболее распространенными современными являются модели 2М53, 2М55, 2П56, 2М57, 2М58 и др.

Станок 2М53 рассчитан на наибольший диаметр сверления 35 мм в мягкой стали. Наличие в нем электромеханического устройства для предварительного выбора скоростей и концентрация всех органов

управления в нижней части шпиндельной головки обеспечивает простоту и легкость управления. Повышенная жесткость допускает обработку деталей с высокой производительностью и точностью. Закрепление шпиндельной головки на траверсе производится механизмом, дающим команду гидравлическому зажиму. В настоящее время выпущен аналогичный станок модели 2Н53. Радиально-сверлильные станки модели 2М55 и 2Н55 устроены аналогично и в основном отличаются размером обрабатываемых отверстий (до 50 мм). Станок модели 2П56 по конструкции значительно отличается от предыдущих. Он допускает сверление как вертикальных, горизонтальных, так и наклонных отверстий.

Радиально-сверлильный станок модели 2В56 предназначен для сверления, зенкерования и развертывания отверстий и для нарезания резьб в изделиях крупных и средних размеров значительного веса в условиях индивидуального и серийного производства.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр сверления в мм 60;
- вылет шпинделя в мм 1500;
- наибольший ход шпинделя в мм 350;
- конус отверстия шпинделя Морзе 5;
- число скоростей вращения шпинделя 10;
- пределы чисел оборотов шпинделя в минуту 55—1650;
- количество величин подач шпинделя 9;
- пределы величин подач в мм/об 0,15—1,2;
- скорость вертикальных перемещений траверсы в мм/мин 900;
- мощность в кВт:
 - электродвигателя перемещения траверсы 1,3;
 - главного электродвигателя 5,5.

Основные узлы станка (рисунок 8.12): основание; подвижная колонна; механизм зажима поворотной колонны; полая поворотная колонна; механизм подъема, опускания и зажима траверсы; траверса; шпиндельная бабка с коробкой скоростей и коробкой подач; приставной стол.

Движения в станке: Движение резания — вращение шпинделя. Движения подачи — вертикальное осевое перемещение шпинделя. Вспомогательные движения: ручное горизонтальное перемещение шпиндельной бабки по траверсе; механическое вертикальное перемещение траверсы по поворотной колонне и зажим траверса на пово-

ротной колонне; ручной поворот траверсы с колонной и механическое закрепление поворотной колонны.

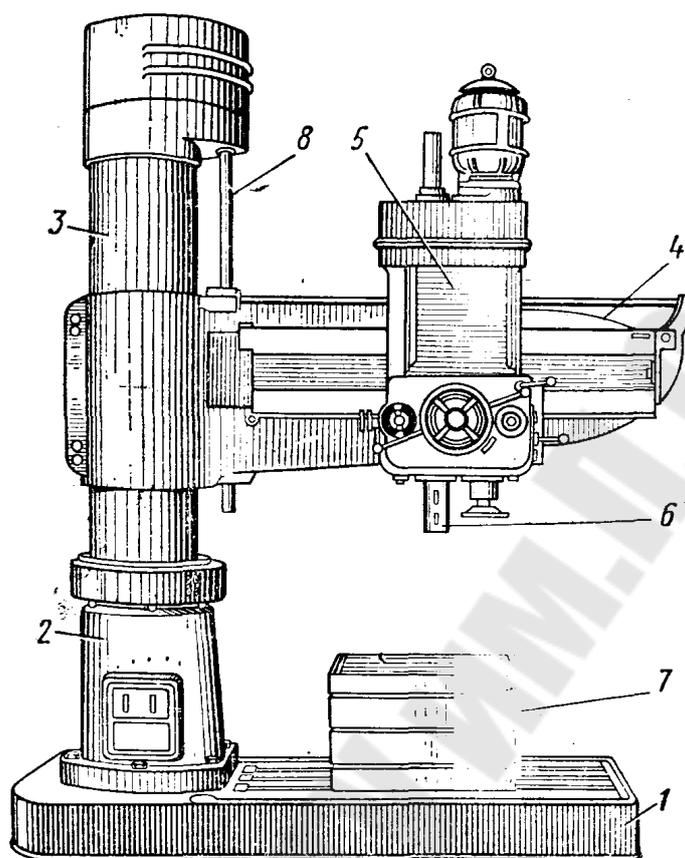


Рисунок 8.12 – Общий вид радиально-сверлильного станка

Кинематика станка (рисунок 8.13): Вращение шпинделя с инструментом заимствуется от главного электродвигателя через коробку скоростей.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка: n об/мин электродвигателя $\rightarrow n$ об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кс} \cdot i_{nn} = n_{шп.}$$

Осевое перемещение шпинделя с инструментом заимствуется от одного оборота шпинделя через коробку подач и реечную передачу и передается шпинделю станка с инструментом.

Конечные звенья цепи движения подачи шпинделя станка: 1 оборот шпинделя – шпиндель станка с инструментом.

Расчетное перемещение цепи движения подачи шпинделя станка: 1 об шпинделя $\rightarrow S$ мм/мин шпинделя станка.

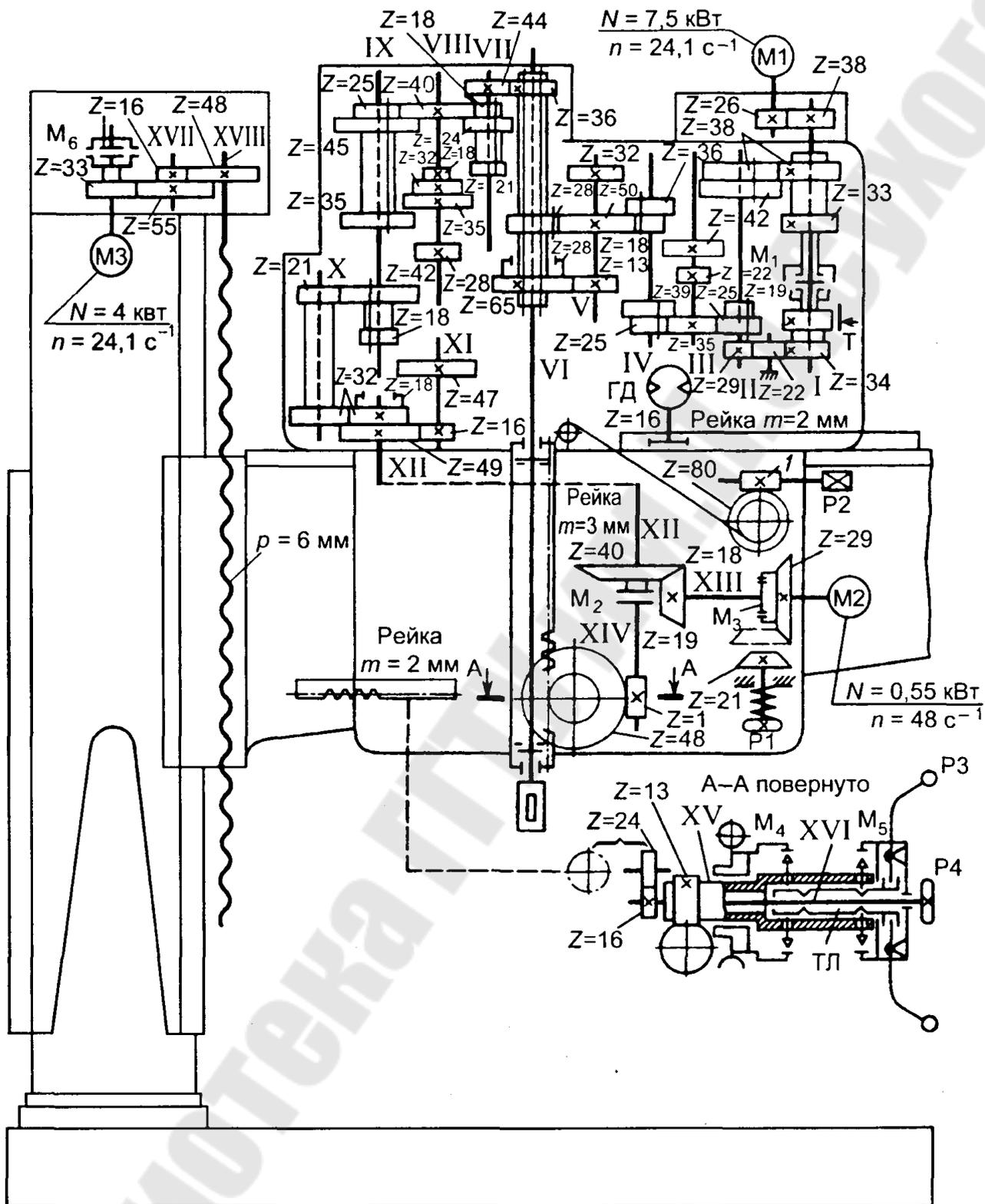


Рисунок 8.13 – Кинематическая схема радиально-сверлильного станка

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи шпинделя станка в общем виде:

$$1 \text{ об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_{kn} \cdot i_{nn} \cdot \pi \cdot m \cdot z = S_{шп.}$$

Принцип работы станка. Обрабатываемая деталь устанавливается на основании станка или на приставном столе. Режущий инструмент укрепляется в шпинделе станка. Для совмещения оси инструмента с осью будущего отверстия шпиндельную бабку необходимо вручную перемещать по направляющим траверсы, которая в свою очередь может быть повернута вместе с полой поворотной колонией.

Установка траверсы по высоте в зависимости от размера обрабатываемой детали обеспечивается перемещением траверсы относительно поворотной колонны.

Для сверления несквозных отверстий станок снабжен механизмом автоматического останова подачи.

Конструктивные особенности. Изменение чисел оборотов шпинделя и подач обеспечивается коробками скоростей и подач с однорукояточным управлением. Станок снабжен механизмом автоматического выключения подачи по достижении требуемой глубины сверления.

Подъем и опускание траверсы осуществляется самостоятельным электродвигателем, приводящим в движение специальный механизм, смонтированный в траверзе. Зажим траверсы на полую поворотную колонку происходит автоматически после прекращения подъема или опускания траверсы.

8.5. Станки сверлильно-расточной группы с ЧПУ

Эти станки предназначены для обработки отверстий сверлами, зенкерами, развертками, расточными другим инструментом, во фланцах, плоскостных и корпусных деталях. На этих станках возможна комплексная сверлильно-фрезерно-расточная обработка деталей различной конфигурации и степени точности.

Отечественная промышленность выпускает широкую номенклатуру станков данной группы: сверлильные - вертикальные и горизонтальные; одношпиндельные и многошпиндельные; с ручной сменой инструмента, с револьверными головками или инструментальными магазинами; расточные - горизонтальные; вертикальные и порталные, нормальной и более высокой степени точности; многооперационные станки с инструментальным магазином для комплексной сверлильно-фрезерно-расточной обработки деталей различной конфигурации.

Сверлильная группа станков с ЧПУ первого поколения была по-

строена на базе сверлильных станков 2Н118, 2Н135 и радиально-сверлильного станка 2Н55. Указанные станки сверлильной группы автоматизированы с помощью дополнительных координатных столов, позволяющих автоматически по двум координатам выставлять деталь относительно инструмента. Вся остальная технология обработки осуществлялась в полуавтоматическом режиме настройкой глубины отработки на штеккерной панели или установкой кулачков на размер, а также сменой режимов обработки инструмента.

Для повышения технического уровня и расширения технологических возможностей были разработаны станки второго поколения (2Р118Ф2, 2Р135Ф2 и др.). В указанных станках кроме перемещения стола автоматизирована подача инструмента. Учитывая малую эффективность одноинструментальных станков, введена автоматическая револьверная головка на шесть инструментов.

Станки расточной группы первого поколения выполняли на базе существующих моделей (с добавлением следящего привода в системе подачи) с одноинструментальной наладкой без существенной доработки базовых моделей (2А620Ф2-1 и др.). Ко второму поколению станков расточной группы относятся многооперационные станки с инструментальными магазинами и автоматической сменой инструмента.

Внедрение сверлильно-расточных станков с ЧПУ позволяет повысить производительность труда в 1,5-2,0 раза, а станков с автоматической сменой инструмента и инструментальным магазином в 3-4 раза.

Сверлильные станки с ЧПУ существенно отличаются от универсальных станков той же группы. В связи с расширением круга работ, выполняемых на них, стирается грань между сверлильными, расточными, координатно-расточными и бесконсольно-фрезерными станками вертикальной и горизонтальной компоновки. Станки выполняют более жесткими и точными, большинство станков имеет точность позиционирования подвижных узлов $\pm 0,025-0,05$ мм. Системы управления - позиционные, но при необходимости частого выполнения фрезерных работ все чаще применяют системы комбинированные: позиционные и прямоугольные. Станки оснащают крестовым столом при вертикальной компоновке. В СНГ в настоящее время выпускаются станки: а) вертикально-одностоечные с крестовым столом и диаметром сверления от 18 до 50 мм (2Н135Ф2); б) те же станки с револьверной головкой (2Р135Ф2); в) те же станки с инструментальным магазином. Для станков с максимальным диаметром сверления 50-60

мм применяют порталную компоновку во всех указанных выше исполнениях (2306ПФ2).

Координатные столы вертикально-сверлильных станков и радиально-сверлильных станков устанавливают на опоры качения; их перемещение осуществляется через передачи винт-гайка качения. Привод координатных столов осуществляется от шаговых двигателей с гидроусилителями или от электродвигателей постоянного тока. Главный привод сверлильных станков строят в виде одно- или двухскоростного электродвигателя с коробками скоростей. Управление по координате Z (перемещение инструмента) может осуществляться упорами и микропереключателями (как в цикловом управлении), или набором программы на штеккерной панели, или от перфоленты (последний способ более предпочтителен). Станки оснащают поворотными, наклонными, маятниковыми столами, навесными кондукторами, резбонарезными патронами. При отсутствии револьверной головки инструмент крепят в быстросъемных патронах.

Горизонтально-расточные станки с ЧПУ имеют различную компоновку: с неподвижной передней стойкой и с крестовым столом; с неподвижной передней стойкой с крестовым и поворотными столами; с поперечно-подвижной передней стойкой, выдвигной бабкой и съемным поворотным столом; с продольно-подвижной передней стойкой и поперечно-подвижным столом и т.д.

Компоновка горизонтально-расточных станков отличается от традиционной отсутствием люнетной стойки и наличием более мощной станины. Вследствие высокой жесткости и точности перемещений и поворота на этих станках можно обрабатывать соосные отверстия в противоположных стенках деталей с помощью консольных оправок, что резко сокращает время, затрачиваемое на смену инструмента. Точность позиционирования у горизонтально-расточных станков находится в пределах 0,01-0,05 мм.

Станки одной гаммы выполняют с учетом возможности их использования с различной степенью автоматизации: а) с ручным управлением и отсчета перемещений по оптическим устройствам; б) с ручным управлением, но с отсчетом перемещений по устройствам цифровой индикации; в) с упрощенными системами ПУ и набором программ на штеккерных панелях; г) с развитыми системами ЧПУ с записью программ на перфоленту.

Горизонтально-расточные станки оснащают чаще всего позиционными системами ЧПУ, но применяют также прямоугольные кон-

турные и комбинированные системы ЧПУ.

Привод главного движения горизонтально-расточных станков с ЧПУ выполняют в виде регулируемого двигателя постоянного тока в сочетании с коробкой скоростей асинхронного двигателя с механическим вариатором или с многоступенчатой коробкой скоростей. Привод подач строят в виде регулируемых двигателей постоянного тока или шаговых двигателей силовых или с гидроусилением моментов.

Координатно-расточные станки с ЧПУ выполняют на базе серийных координатно-расточных станков, например, на базе станка 2Д450 выпускают станок 2Д450АФ2. Высокая точность обработки обеспечивается применением специального устройства подвода стола в требуемую позицию. Точность позиционирования этих станков составляет $\pm 0,001-0,005$ мм.

8.5.1. Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ

Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ модели 2Р135Ф2 предназначен для сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы, торцового подрезания деталей и т.д. в условиях мелкого и среднесерийного производства. Наличие на станке шестипозиционной головки для автоматической смены режущего инструмента и крестового стола позволяет осуществлять координатную обработку деталей типа крышек, фланцев, панелей и других без предварительной разметки и применения кондукторов.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр сверления 35 мм;
- наибольший диаметр нарезаемой резьбы М24;
- число инструментов 5;
- число частот вращения шпинделя: общее 12, по программе 12;
- пределы частот вращения шпинделя 31,5-1400 об/мин;
- число подач по оси Z 18;
- рабочая подача по оси Z 10-500 мм/мин;
- скорость быстрого перемещения по осям координат X, Y: 3850 мм/мин;
- размеры рабочей поверхности стола станка (ширинахдлина) 400х630 мм.

Станок оснащен устройством числового программного управления, число управляемых координат 3: одновременное управление

может осуществляться при позиционировании по двум координатам X и Y; задание размеров в программе в абсолютных координатах. В качестве программносителя применяют восьмидорожечную перфоленту. Скорость ввода программы - не менее 45 строк/с. Максимальная величина линейных перемещений: по X - 19999,99 мм, по Y - 999,99 мм. Дискретность задания перемещений 0,01 мм.

Основные узлы станка (рисунок 8.14): основание; крестовый стол; револьверная головка; стойка; электродвигатель поворота револьверной головки; пульт управления; электрооборудование; шкаф УЧПУ.

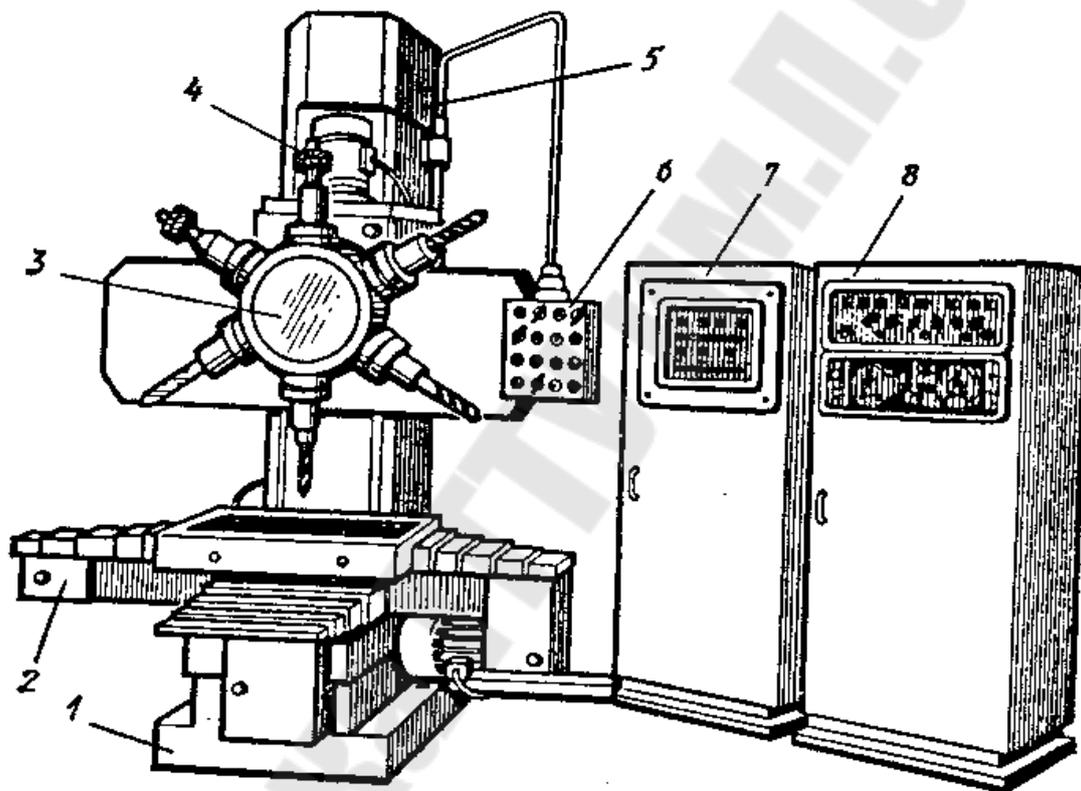


Рисунок 8.14 – Общий вид вертикально-сверлильного станка с ЧПУ

Движения в станке. Главное движение: вращение шпинделей револьверной головки. Движения подачи: вертикальная подача суппорта с револьверной головкой; продольное и поперечное перемещение стола станка с заготовкой. Вспомогательное движение: поворот револьверной головки.

Кинематика станка (рисунок 8.15): Вращение шпинделей револьверной головки осуществляется от асинхронного электродвигателя M1 следующим образом. С вала I на вал II движение передается через передачи в зависимости от включения электромагнитных муфт M₁, M₂, M₃. С вала II на вал III движение передается через передачи за счёт включения муфт M₄ или M₅.

От вала III при включенной муфте M_6 движение передается валу V и далее через передачу валу VI, с которого через передачу движение передается на вал VII, от которого через передачу на вал VIII, а с вала VIII посредством передачи на вал IX, с вала IX через передачу на вал X. С вала X движение передается на один из работающих шпинделей, так как на каждом из них установлено колесо. Таким образом, шпиндель станка получает шесть высших частот вращения.

Для получения нижнего диапазона частот вращения шпинделя необходимо выключить муфту M_6 и включить муфту M_7 . Движение в этом случае будет передаваться с вала III на вал IV через передачу, а с вала IV на вал через передачу и далее через постоянные передачи. В общей сложности шпиндель получает 12 частот вращения шпинделя.

Вертикальная подача суппорта с револьверной головкой осуществляется от электродвигателя постоянного тока M2, установленного на валу XXX; через передачу при включенной муфте M_9 движение передается на вал XXXI, затем через передачи на вал XXXII и далее через червячную передачу на ходовой винт.

Поворот револьверной головки осуществляется от электродвигателя M3 через передачу при включенной муфте M_{11} , червячную пару, вал XIX, передачу, которая поворачивает револьверную головку. Прежде чем произвести поворот револьверной головки, ее необходимо расфиксировать, т.к. она закреплена подпружиненными тягами суппорта, находящимися в пазах револьверной головки.

Одновременно с вращением револьверной головки через передачу, вал XVIII и передачу вращается позиционный командоаппарат, установленный на валу XVII, который останавливает прямое вращение револьверной головки реверсом электродвигателя, предварительно уменьшив частоту его вращения до 1400 об/мин, при обратном вращении револьверная головка доходит до жесткого упора суппорта и останавливается; при этом червяк, вывертываясь из червячного колеса, движется вверх. Вал вращается в обратном направлении, зубчатое колесо вводится в зацепление с колесом шпинделя револьверной головки. Головка фиксируется и шпиндель начинает вращаться. Последовательность работы шпинделей револьверной головки выбирают на пульте. Всего предусмотрено шесть циклов обработки.

Выпрессовка инструмента из шпинделей револьверной головки происходит от электродвигателя M3 посредством передач при включенной муфте, червячной передачи, вала и эксцентрика, смонтированного в пазу оси поворота револьверной головки.

Смазывание револьверного суппорта осуществляется посредством плунжерного насоса, подающего масло к суппорту, который приводится во вращение от электродвигателя М3 посредством передач вала XV, на котором расположен эксцентрик.

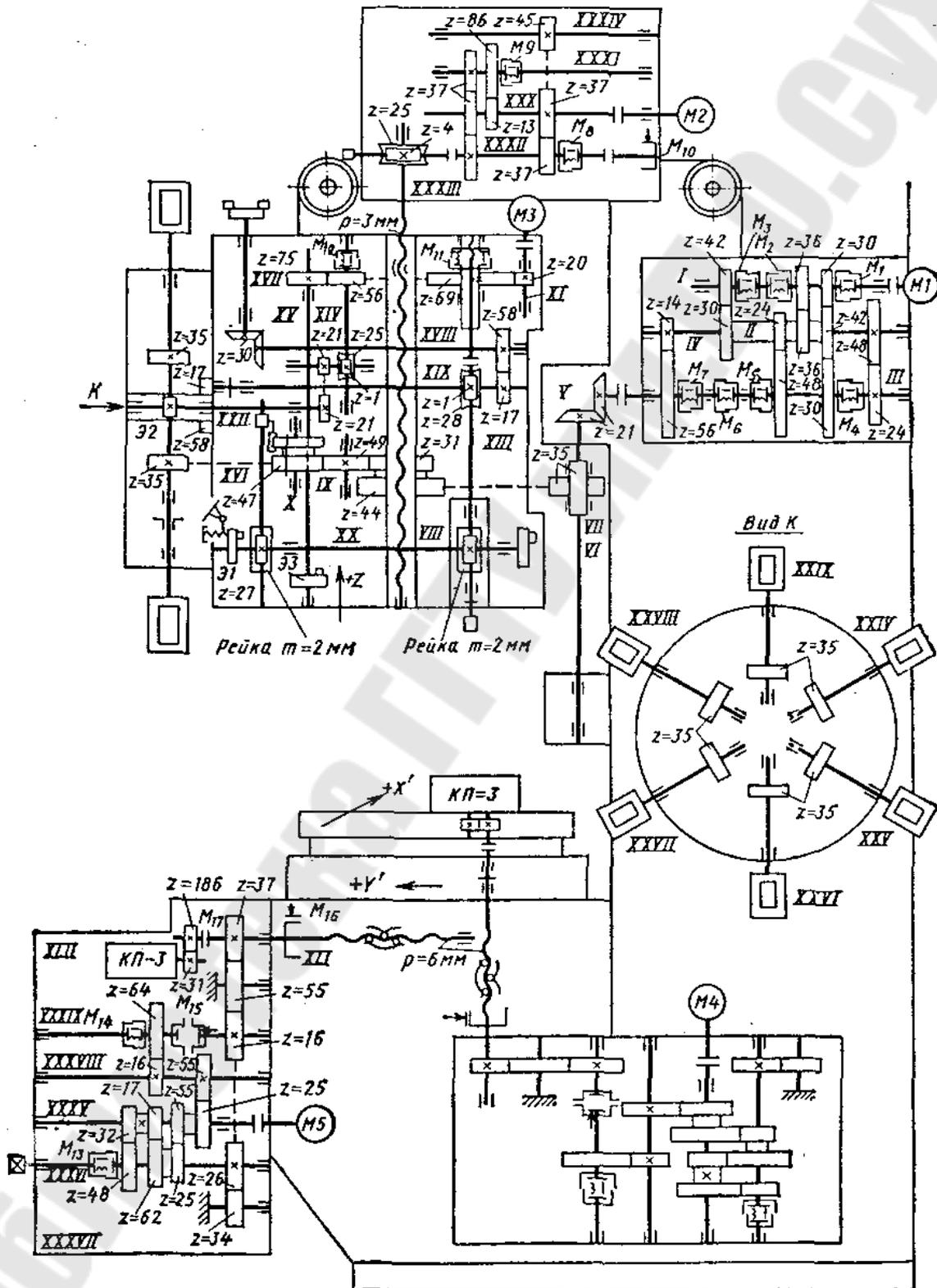


Рисунок 8.15 – Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка с ЧПУ

Позиционирование осуществляют перемещением стола и салазок. Редукторы продольного и поперечного перемещений одинаковы по конструкции и обеспечивают сначала быстрое, а затем медленное перемещение стола и салазок при подходе к заданной точке за счет применения электропривода со ступенчатым регулированием.

Резьбонарезная головка станка служит для нарезания резьбы машинным метчиком и может быть установлена в любую позицию револьверной головки.

8.5.2. Горизонтально-расточной станок с ЧПУ

Горизонтально расточные станки с ЧПУ (модель 2623ПМФ4, модель 2А622Ф4) повышенной точности предназначены для комплексной обработки корпусных деталей. На них можно фрезеровать, сверлить, зенкеровать, растачивать, развёртывать, нарезать резьбу метчиками и резцами, выполнять контурное фрезерование.

На рисунке 8.16 показан общий вид станка модели 2А622Ф4, который состоит из следующих узлов: 1—станина; 2—поворотный стол; 3—шпиндель; 4—стойка; 5—шпиндельная бабка; 6—привод подачи.

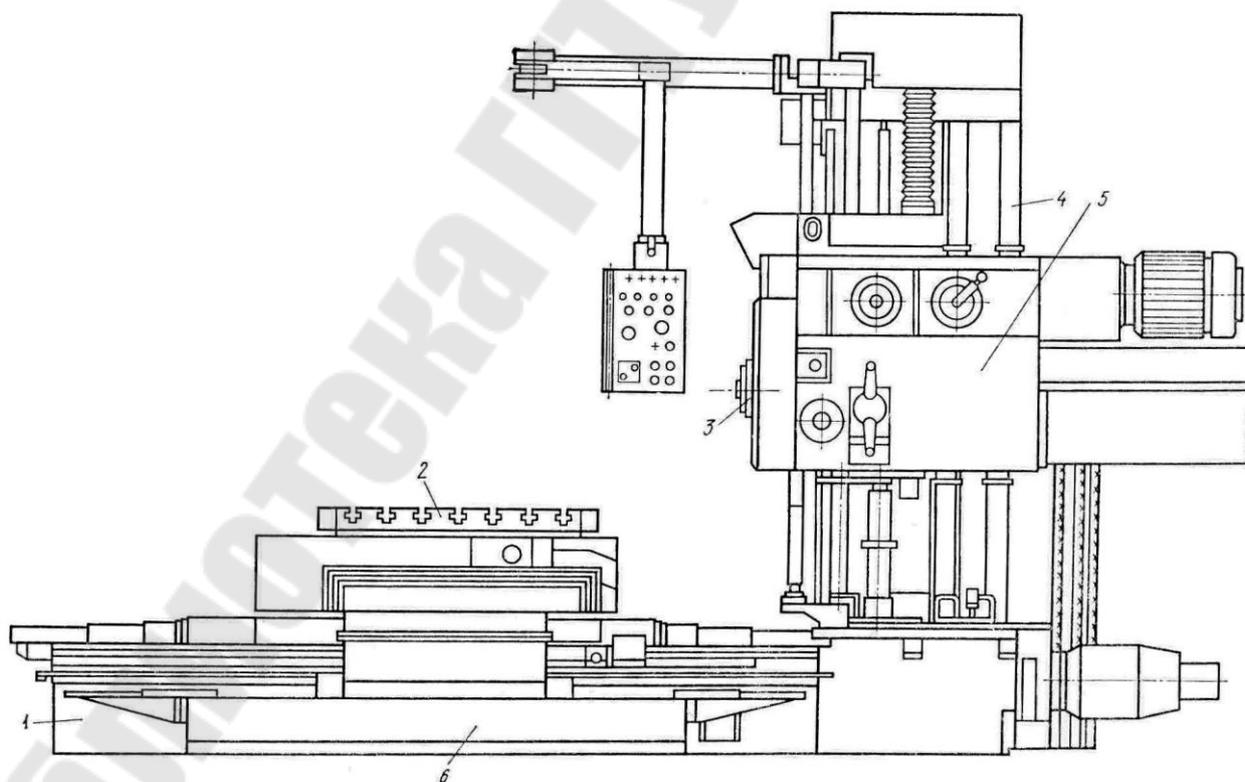


Рисунок 8.16 – Общий вид станка модели 2А622Ф4

Станок выполняет следующие движения: главное движение – вращение шпинделя с инструментом; движения подачи – вертикальное

перемещение шпиндельной бабки, продольное перемещение шпиндельного узла, продольное перемещение стойки вертикальной, поперечное и круговое перемещение стола с заготовкой.

Техническая характеристика станка

- диаметр выдвигного шпинделя, мм 110;
- размер поворотного стола, мм 1120×1250;
- величина перемещения, мм:
 - вертикальное шпиндельной бабки 1250;
 - продольное шпинделя 500;
 - продольное стойки 1000;
 - поперечное стола 1600;
- круговое перемещение стола 360°;
- пределы частот вращения шпинделя, об/мин 5÷1250;
- пределы рабочих подач стола, мм/мин 2÷1600;
- наибольший диаметр отверстия, растачиваемых шпинделем, мм 320;
- наибольшая тяговая сила подачи, Н:
 - стойки 15000;
 - шпинделя 10000;
 - шпиндельной бабки 8000;
 - стола (поперечная) 8000;
- мощность электродвигателя главного движения, кВт 15;
- габаритные размеры станка, мм 8300×7500×4500;
- масса станка, кг 31000.

На рисунке 8.17 показана кинематическая схема станка модели 2623ПМФ4.

Главное движение задаётся шпинделю от электродвигателя М6 через коробку скоростей.

Продольная подача шпинделю задаётся от электродвигателя М2 через зубчатые передачи и передачу винт-гайка качения.

Продольная подача вертикальной стойки со шпинделем задаётся от электродвигателя М3 через передачу винт-гайка качения.

Вертикальная подача шпиндельной бабке задаётся от электродвигателя М1 и передачу винт-гайка качения.

Поперечная подача стола задаётся от электродвигателя М5 через передачу винт-гайка качения.

Круговая подача стола задаётся от электродвигателя М4, коробку подач и постоянные передачи.

8.5.3. Координатно-расточной станок с ЧПУ

Одностоечный координатно-расточной станок модели 2E450AФ1-1 предназначен для обработки отверстий с точным расположением осей и чистового контурного фрезерования.

Конструкция и устройство одностоечного координатно-расточного станка. Основанием координатно-расточного станка модели 2E450AФ1-1 (рисунок 8.18) служит литая станина 1. По двум плоским и одной средней призматической направляющим станины на роликах, заключенных в сепараторы, перемещаются салазки 2.

Стол 3 перемещается по плоской и призматической направляющим салазок также на роликах. Стол и салазки перемещаются при помощи шариковых винтов 12 и 15, которые приводятся во вращение от электродвигателей постоянного тока.

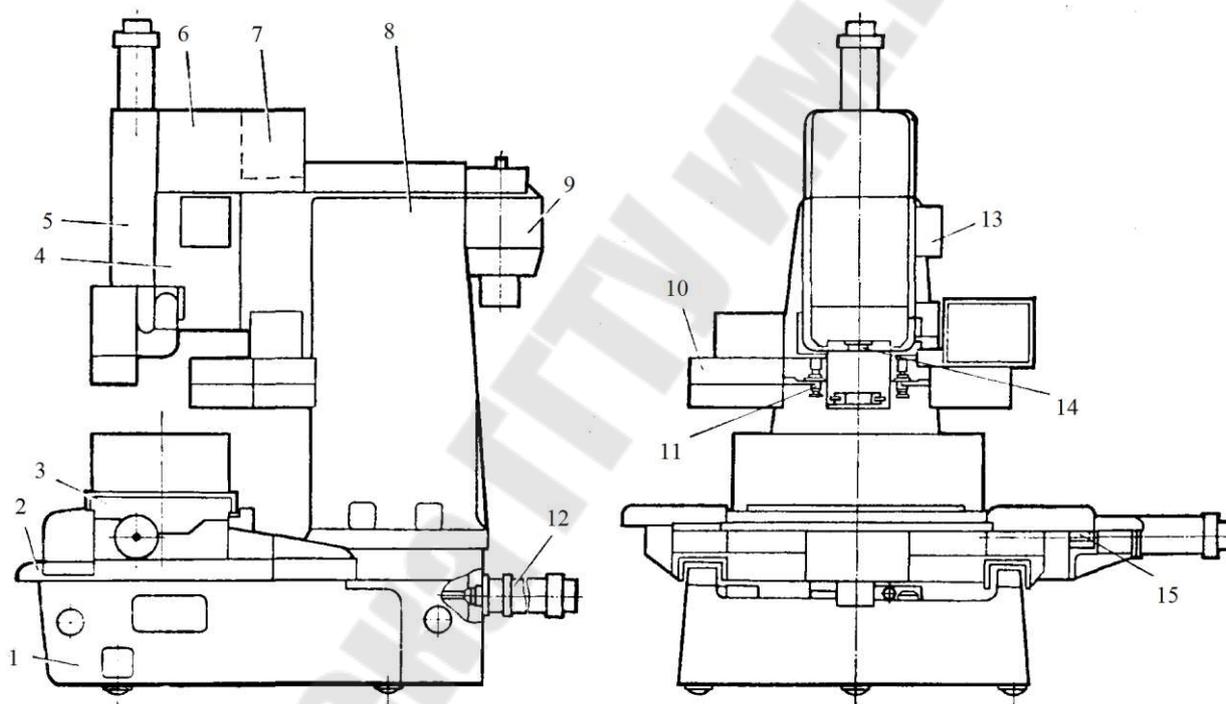


Рисунок 8.18 – Общий вид координатно-расточного станка модели 2E450AФ1-1

На передней стенке салазок смонтированы экраны продольного и поперечного ходов стола и салазок.

На станине установлена вертикальная стойка 8 с укрепленным на ней блоком направляющих 4. По двум вертикальным призматическим направляющим блока перемещается шпиндельная коробка 6. На блоке направляющих сверху закреплены двухступенчатая коробка скоростей 7 и редуктор подачи гильзы и шпиндельной коробки.

Коробка скоростей и редуктор соединены со шпиндельной ко-

робкой шлицевыми валами. Электродвигатель привода шпинделя 9 расположен на стойке сзади и соединен с коробкой скоростей клиноременной передачей.

Зажим стола, салазок и шпиндельной коробки осуществляется автоматически усилием пружин после окончания перемещения через рычажную систему. Пневмоцилиндры используются для разжима.

В шпиндельной коробке 6 перемещается шпиндель 14. Перемещение шпинделя может производиться рукоятками быстрого перемещения или маховиком тонкой подачи вручную или механически. В шпиндельной коробке имеется устройство для отключения подачи на заданной глубине. Уравновешиваются шпиндельная коробка и гильза двумя грузами, расположенными в стойке станка.

Кинематическая схема координатно-расточного станка модели 2E450АФ1-1 (рисунок 8.19) включает в себя: привод главного движения (от электродвигателя 1), привод подачи шпинделя и шпиндельной коробки (от электродвигателя 28), приводы поперечного перемещения салазок (46) и продольного перемещения стола (45).

Привод главного движения осуществляется от электродвигателя постоянного тока 1 через клиноременную передачу, колесо 2 и далее через двухступенчатую коробку 5-4 или 3-6, переключаемую от двигателя 9 через передачу 8-7 с помощью рычага.

Привод подачи имеет свой электродвигатель 28. Далее от клиноременной передачи кинематическая цепь разветвляется: первый поток — это вертикальная подача шпинделя с инструментом (10-11-25-24, 21-20, 26-27), а второй — установочное перемещение шпиндельной головки (13-12, 16-17, 18-19). Переключение цепей производится с помощью двух фрикционных электромагнитных муфт. Шпиндель можно ускоренно перемещать вручную с помощью рычага, а точно — маховичком по цепи 22-23, 21-20, 26-27 — шпиндель.

Приводы поперечных салазок и стола одинаковые и имеют два варианта: с электродвигателем постоянного тока М4 и М5 и двухскоростным редуктором, переключаемым с помощью электромагнитных муфт (этот вариант показан на рисунке 8.18) или с высокомоментным электродвигателем, но уже без редуктора. Перемещение стола и салазок происходит за счёт шарико-винтовых передач 36 и 37.

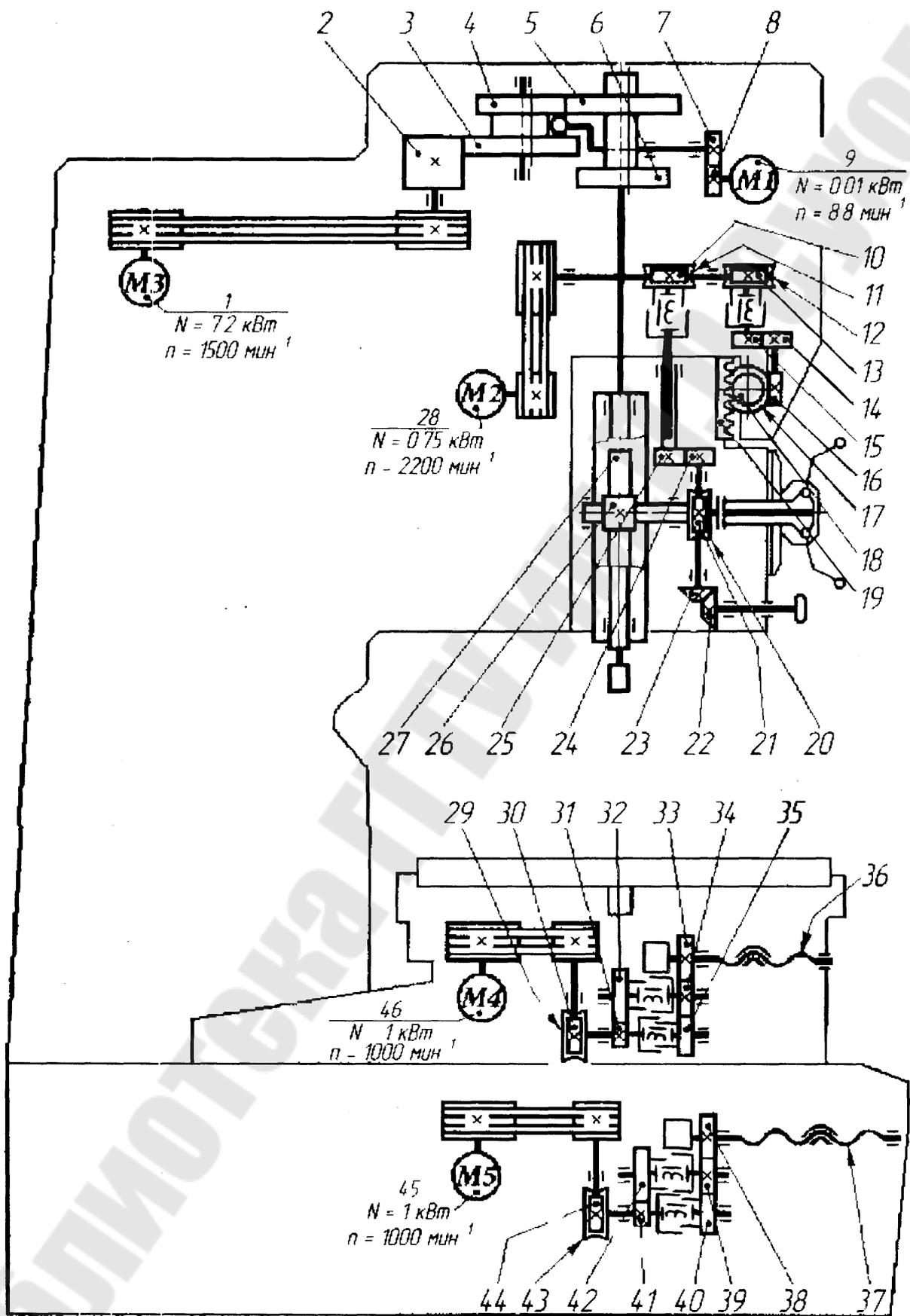


Рисунок 8.19 – Кинематическая схема координатно-расточного станка модели 2E450AF1-1

9. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СТАНКИ

Типы станков шлифовальной группы. В группу шлифовальных станков входят станки, работающие абразивными инструментами: шлифовальными кругами, сегментами, брусками, шкуркой, порошками и пастами. Абразивная обработка отличается многообразием способов ее реализации и выполняется в диапазоне скоростей резания от 0,1 до 100 м/с и выше. Шлифовальные круги различают по виду абразивного материала, зернистости, твердости, структуре (строению), форме и размерам. Шлифованием обрабатывают гладкие, ступенчатые и шлицевые валы, сложные коленчатые валы, кольца и длинные трубы, зубчатые колеса, направляющие базовых деталей и т.д. С развитием глубинного шлифования возрос диапазон снимаемых припусков (0,01-10 мм), что позволяет эффективно использовать абразивную обработку вместо лезвийной.

В зависимости от формы обрабатываемой поверхности и вида шлифования станки общего назначения, работающие шлифовальным кругом, подразделяют на кругошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, бесцентрошлифовальные и специальные (шлифование зубьев колес, резьб и т.д.).

Шлифовальный круг устанавливают и закрепляют на шпинделе шлифовальной бабки, которая может перемещаться относительно станины в продольном или поперечном направлении с помощью стола или суппорта. Заготовку закрепляют в патроне шпиндельной бабки или в центрах шпиндельной бабки и задней бабки. Круг и заготовка приводятся в движение электрическими или гидравлическими приводами, управляемыми оператором посредством пульта или панели.

На рисунке 9.1 показаны схемы движений в шлифовальных станках.

Главным движением в указанных станках является вращение шлифовального круга, которое определяет величину скорости резания V , м/с. Движение подачи определяется способом шлифования и формой шлифуемой поверхности. При круглом шлифовании наружных поверхностей заготовка получает вращение со скоростью круговой подачи $S_{кр}$ и возвратно-поступательное движение с продольной подачей $S_{прод}$, а шлифовальный круг - периодическую поперечную подачу $S_{попереч}$. Глубинное круглое шлифование выполняют кругом, установленным на глубину припуска t с односторонней продольной подачей $S_{прод}$; поперечная подача отсутствует. Врезное шлифование осуществляют по всей ступени заготовки с непрерывной поперечной

подачей шлифовального круга. В станках внутреннего шлифования: продольного и врезного движения осуществляют аналогично наружному шлифованию.

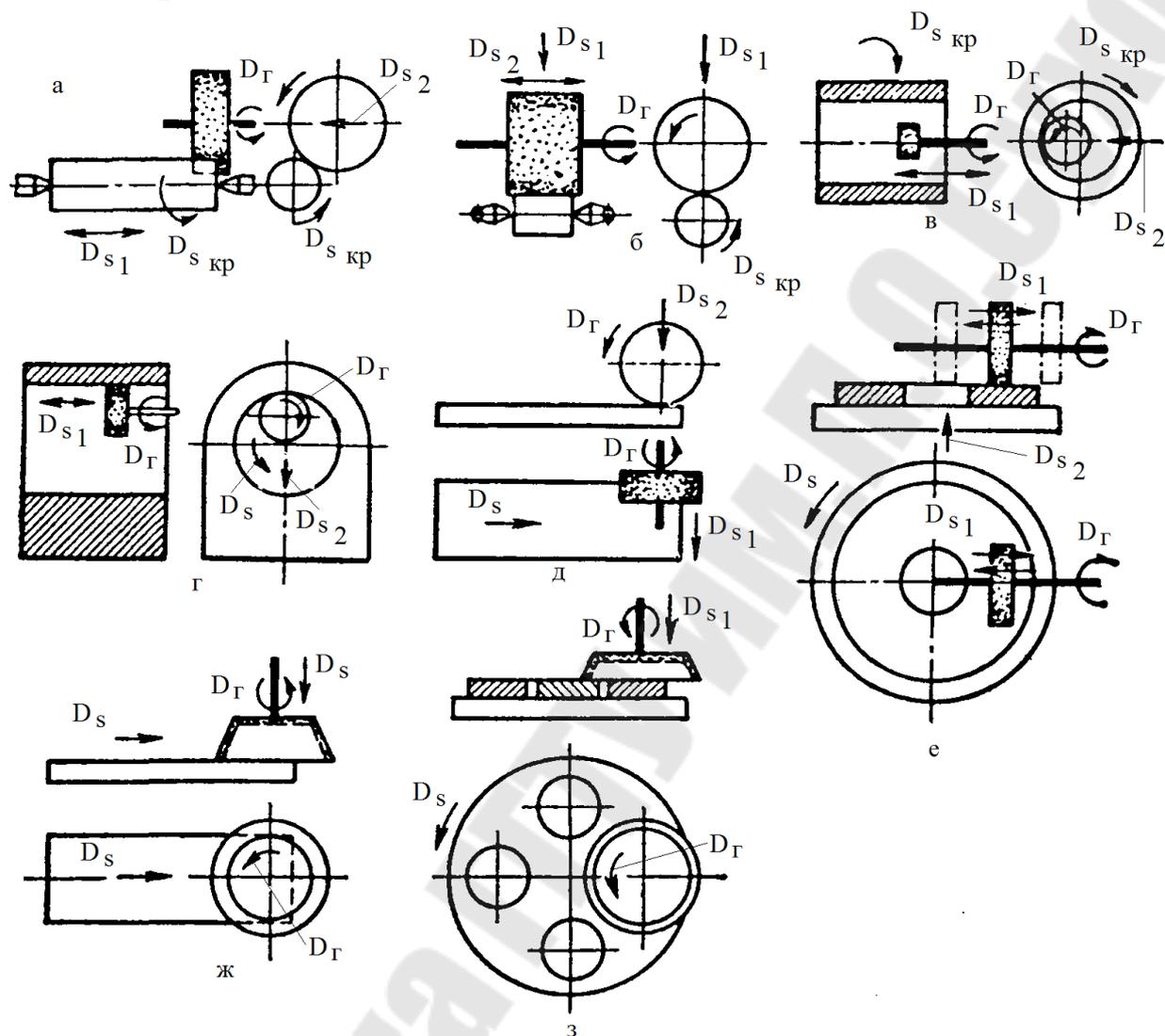


Рисунок 9.1 – Схемы движений в шлифовальных станках

При плоском шлифовании заготовке придают возвратно-поступательное движение подачи S , а шлифовальному кругу - периодическое поперечное движение подачи $S_{\text{попереч}}$ и после съема припуска по длине заготовки периодическую вертикальную подачу $S_{\text{вертик}}$ на глубину t припуска. Плоскошлифовальные станки с круглым столом имеют круговую подачу заготовки и периодическую вертикальную подачу круга.

На специальных торцошлифовальных станках используют глубинное шлифование. Торцовые круги располагают с двух сторон заготовки на глубину припуска, а заготовка (кольца) получают непрерывное движение подачи S между направляющих линеек. Если раз-

мер по ширине увеличивается, то круги правят и периодически сближаются в направлении S.

Скорость резания при шлифовании превосходит скорость резания при лезвийной обработке и составляет 25-30 м/с (обычное шлифование), 35-60 м/с (скоростное шлифование) и свыше 60 м/с (высокоскоростное шлифование). При этом скорость резания значительно превосходит скорость подачи.

Отделочные виды абразивной обработки характеризуются скоростью вращательного и поступательного движений инструмента и заготовки. При суперфинише абразивные бруски получают возвратно-поступательное движение со скоростью V_s , а заготовка - вращение со скоростью V_z . Бруски поджимаются к заготовке с постоянной силой. Соизмеримость скоростей обеспечивает получение перекрестной сетки траекторий абразивных зерен. При хонинговании отверстий в неподвижных заготовках бруски имеют аналогичные движения V_s ; V_z . Снятие припуска реализуется за счет принудительного раздвижения брусков в радиальном направлении.

9.1. Круглошлифовальные станки

Круглошлифовальные станки предназначены для наружного шлифования цилиндрических, конических или торцовых поверхностей тел вращения. При обработке на станке детали устанавливают в центрах или закрепляют в патроне. Для обработки на центровых станках необходимо обеспечить вращение шпинделя круга, вращение обрабатываемой заготовки, продольное перемещение стола, непрерывную или периодическую подачу на толщину срезаемого слоя. Детали, длина которых меньше ширины круга, шлифуют без продольного перемещения заготовки методом врезания.

Круглошлифовальный центровой станок модели 3А150 предназначен для наружного шлифования в центрах цилиндрических, пологих конических и торцовых поверхностей деталей.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр шлифуемой детали в мм 100;
- наибольшее расстояние между центрами в мм 200;
- наибольший угол поворота стола в град 10;
- наибольшее поперечное перемещение шлифовальной бабки в мм 200;
- число оборотов шлифовального круга в минуту 2800;

- пределы чисел оборотов патрона бабки изделия в минуту 90—900;
- скорость продольного перемещения стола в м/мин:
наибольшая 10;
наименьшая 0,1;
- пределы величин радиальной подачи шлифовальной бабки на ход стола в мм 0,01—0,03;
- мощность главного электродвигателя в кВт 1,7.

Основные узлы станка (рисунок 9.2): бабка изделия; шлифовальная бабка; задняя бабка; станина; гидропривод стола; стол; поворотная плита.

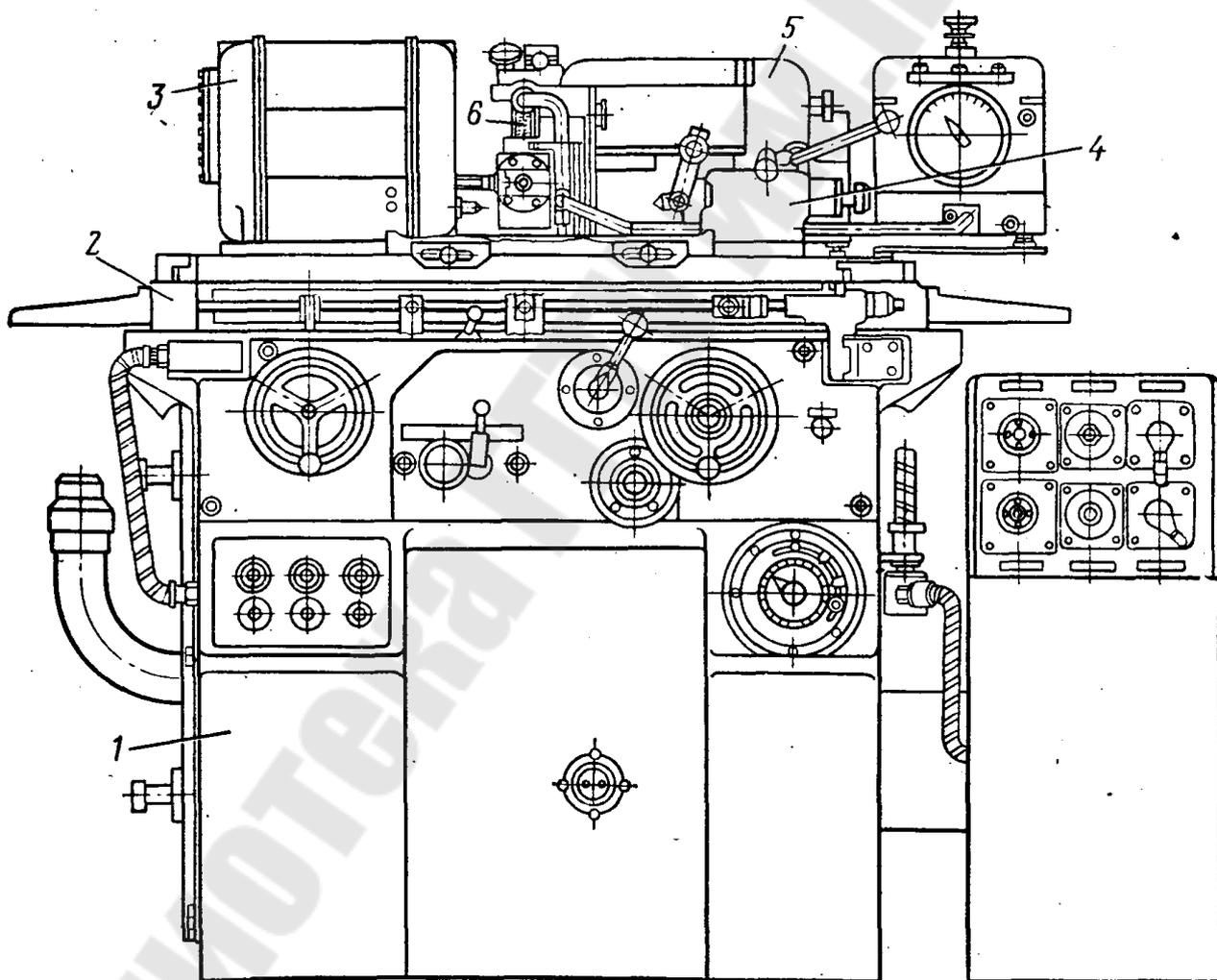


Рисунок 9.2 – Общий вид круглошлифовального центрового станка

Движения в станке. Движение резания - вращение шпинделя шлифовальной бабки с абразивным кругом. Круговая подача сообщается поводковому патрону, находящемуся на шпинделе передней

бабки. Продольная подача — прямолинейное возвратно-поступательное движение стола с деталью. Поперечная подача представляет собой периодическое перемещение шлифовальной бабки в радиальном направлении за ход стола. Вспомогательные движения — ручное продольное перемещение стола, ручное поперечное перемещение шлифовальной бабки, а также быстрый отвод шлифовальной бабки гидроприводом.

Кинематика станка (рисунок 9.3): Вращение шпинделя со шлифовальным кругом заимствуется от главного электродвигателя МЗ и передается на шпиндель через ременную передачу.

Конечные звенья цепи главного движения:

электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} = n_{шпн}.$$

Круговая подача заготовки заимствуется от второго электродвигателя М2 и передается через ременные передачи на шпиндель бабки изделия.

Конечные звенья цепи привода круговой подачи изделия:

электродвигатель – шпиндель бабки изделия станка.

Расчетное перемещение цепи привода круговой подачи изделия:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя бабки изделия.

Уравнение кинематического баланса цепи привода круговой подачи изделия в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn1} \cdot i_{pn2} = n_{шпн.детали}.$$

Возвратно-поступательное перемещение стола заимствуется от отдельного электродвигателя М1, гидродвигателей и гидросистему и передается на стол станка от силового гидроцилиндра.

Поперечная подача представляет собой периодическое перемещение шлифовальной бабки в радиальном направлении за ход стола.

Принцип работы станка. Обрабатываемая деталь закрепляется в не подвижных центрах передней и задней бабок, установленных на поворотной плите стола. При помощи поводкового патрона шлифуемой детали сообщается вращательное движение, окружная скорость,

которого соответствует скорости круговой подачи.

Шлифовальный круг, закрепленный на шпинделе шлифовальной бабки, вращается с постоянным числом оборотов. При шлифовании цилиндрических деталей ось центров бабок устанавливается параллельно направляющим стола, а при шлифовании конических деталей поворотную плиту располагают так, чтобы оси центров бабок составляла с направляющими стола угол, равный половине угла конуса обрабатываемой детали.

Для обработки деталей на круглошлифовальном станке применяются следующие способы:

1. Способ продольной подачи, при котором за каждый оборот шлифуемой детали последней сообщается продольное перемещение на величину, составляющую от 0,25 до 0,7 ширины шлифовального круга; для снятия же всего припуска на обработку в конце каждого или двойного хода стола шлифовальной бабке сообщается микрометрическая поперечная подача.

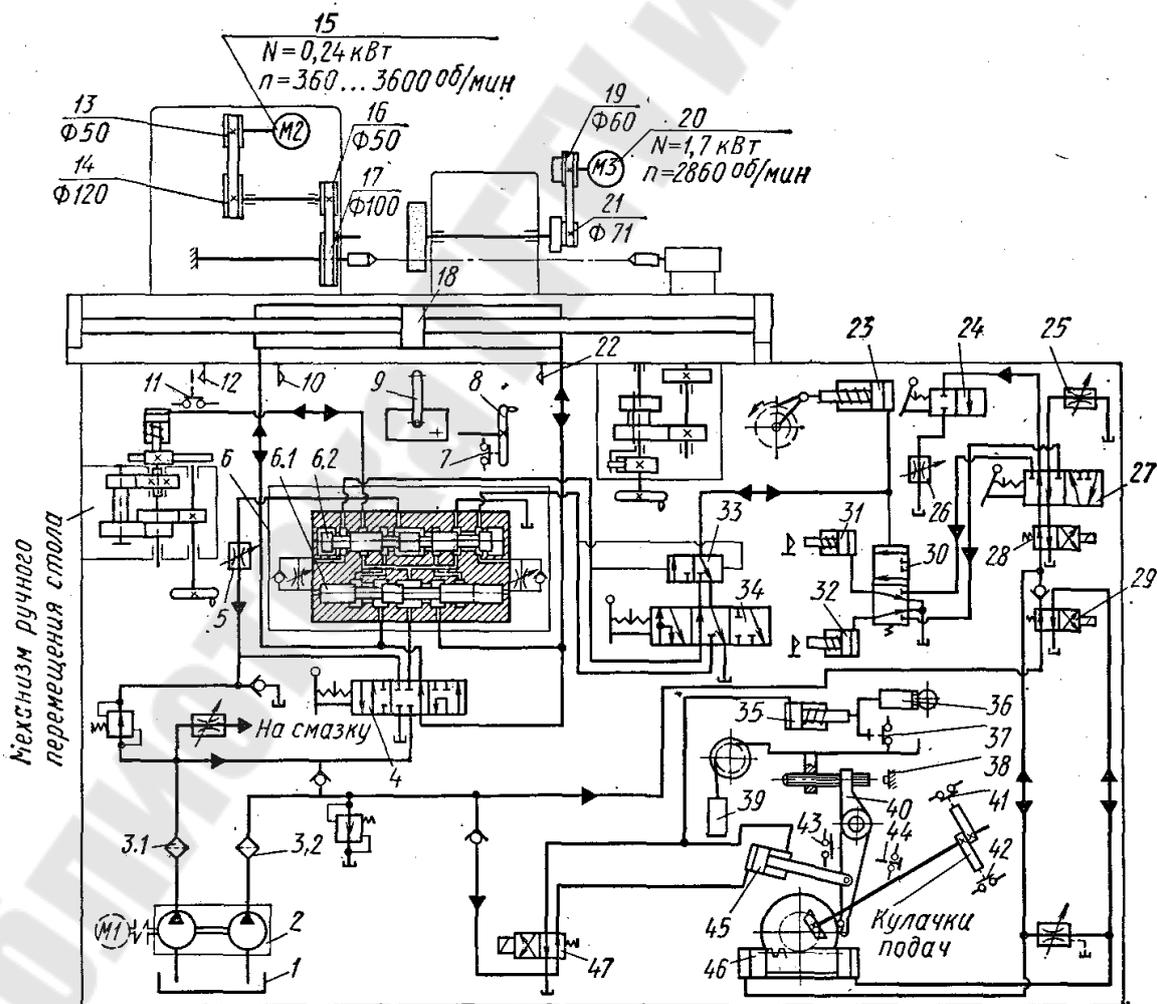


Рисунок 9.3 – Принципиальная схема круглошлифовального центрового станка

Этот способ применяется только для обработки поверхности вращения с прямолинейной образующей, он обеспечивает максимальную точность обработки.

2. Способ врезания шлифовального круга в деталь при отсутствии продольной подачи. Ширина круга при этом должна быть больше длины шлифуемого участка. Данный способ характеризуется высокой производительностью, он позволяет шлифовать как цилиндрические, так и конические и фасонные поверхности вращения.

3. Способ глубинного шлифования, при котором шлифовальный круг, имеющий заборную коническую часть, устанавливают на полную глубину припуска на обработку.

Наиболее часто данный способ шлифования применяется для обработки жестких валов, не требующих особо высокой точности изготовления.

Конструктивные особенности станка. Особенность конструкции большинства круглошлифовальных станков заключается в наличии двух независимых приводов подач. Один из них служит для круговой подачи детали, второй — для продольной подачи стола и поперечной подачи шлифовальной бабки. Другой важной особенностью является применение неподвижного шпинделя бабки изделия.

9.2. Круглошлифовальные бесцентровые станки

На бесцентрово-шлифовальных станках можно шлифовать наружные и внутренние поверхности цилиндрических деталей, не имеющих центровых отверстий. Схема шлифования на бесцентровом круглошлифовальном станке наружной поверхности детали с продольной подачей на проход приведена на рисунке 9.4. Деталь 3, поддерживаемая опорной призмой 4, располагается между двумя кругами 1 и 2, из которых шлифовальный 1 снимает припуск с заготовки, а ведущий круг 2 сообщает заготовке вращение (круговую подачу) и продольное перемещение (осевую подачу).

Продольная подача сообщается шлифуемой заготовке ведущим кругом в результате установки его под некоторым углом α к оси шлифовального круга или при наклоне опорной призмы на угол α . При обдирочном шлифовании угол $\alpha = 1,5 \dots 6^\circ$, а при чистовом $\alpha = 0,5 \dots 1,5^\circ$. В обоих случаях продольную подачу определяют как произведение окружной скорости ведущего круга и на синус угла наклона α оси круга или призмы.

Для обеспечения цилиндричности ось шлифуемой заготовки

должна быть выше центров шлифовального и ведущего кругов примерно на 0,15-0,25 диаметра детали, но не более чем на 10-12 мм (во избежание вибраций).

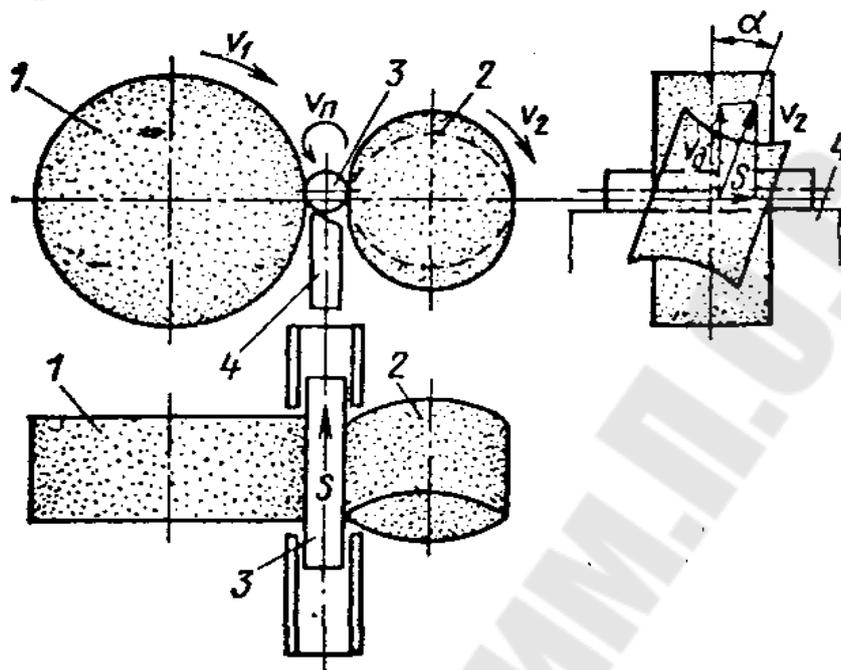


Рисунок 9.4 – Схема шлифования на бесцентрово-шлифовальном станке

При шлифовании по методу врезания оси шлифовального и ведущего кругов устанавливают параллельно друг другу. Деталь, опирающаяся на призму, только вращается (осевая подача отсутствует), а поперечная подача на толщину срезаемого слоя производится перемещением ведущего или шлифующего круга в направлении, перпендикулярном к оси обрабатываемой заготовки, точным ходовым винтом.

Для шлифования наружных поверхностей выпускают универсальные и специальные бесцентрово-шлифовальные станки. В зависимости от расположения линии центров кругов бесцентрово-шлифовальные станки бывают с горизонтальным расположением линии центров, применяемым в большинстве станков средних и малых моделей; с наклонным расположением линии центров, применяемым в станках крупных моделей, предназначенных для обработки крупногабаритных деталей, а также при обдирочной обработке (угол наклона линии центров в этих станках обычно равен 30°); с вертикальным расположением линии центров. Эти станки получили ограниченное применение.

В зависимости от способа поперечной подачи бесцентрово-шлифовальные станки бывают с перемещением ведущего круга и суппор-

та с опорной призмой относительно неподвижно закрепленной на станке шлифовальной бабки; с перемещением суппорта с опорной призмой и шлифующего круга по отношению к неподвижно закрепленной на станине бабке ведущего круга; с перемещением шлифующего и ведущего кругов относительно неподвижно закрепленного на станке суппорта с опорной призмой; подача на толщину срезаемого слоя и компенсация изнашивания шлифовального круга в этом случае осуществляются перемещением шлифовальной бабки; бабка ведущего круга подается только при наладке на новый размер детали.

По конструкции привода ведущего круга различают станки со ступенчатым и с бесступенчатым регулированием частоты вращения ведущего круга. По методу базирования детали различают станки с базированием на призме и на башмаках. Базирование на башмаках получило распространение при шлифовании роликовых дорожек подшипниковых колец.

Бесцентровый круглошлифовальный станок модели 3М184 предназначен для наружного шлифования гладких цилиндрических деталей типа валиков, поршневых пальцев, стержней, колец, роликов и других подобных деталей методом продольной подачи и, кроме того, для наружного шлифования тел вращения фасонного профиля и цилиндрических деталей ступенчатой формы методом радиальной подачи. Станок применяется в условиях серийного и массового производства.

Техническая характеристика станка

- диаметр шлифования в мм: наибольший 80; наименьший 5;
- наибольшая длина шлифования в мм 250;
- число оборотов шлифовального круга в минуту 1370;
- число оборотов ведущего круга в минуту 11-150;
- наибольший угол поворота ведущего круга в град 10;
- мощность электродвигателя шлифовального круга 13 кВт.

Основные узлы станка (рисунок 9.5): станина; бабка шлифующего круга; приспособление для правки шлифующего круга; опорный нож; приспособление для правки ведущего круга; бабка ведущего круга; салазки бабки ведущего круга.

Движения в станке. Движение резания — вращение шлифующего круга. Движения подач — вращение и осевое перемещение обрабатываемой заготовки и радиальное перемещение бабки ведущего круга. Вспомогательные движения — тонкое установочное пере-

мещение бабки ведущего круга, быстрое вращение шпинделя для правки ведущего круга и перемещение приспособлений для правки шлифующего и ведущего кругов.

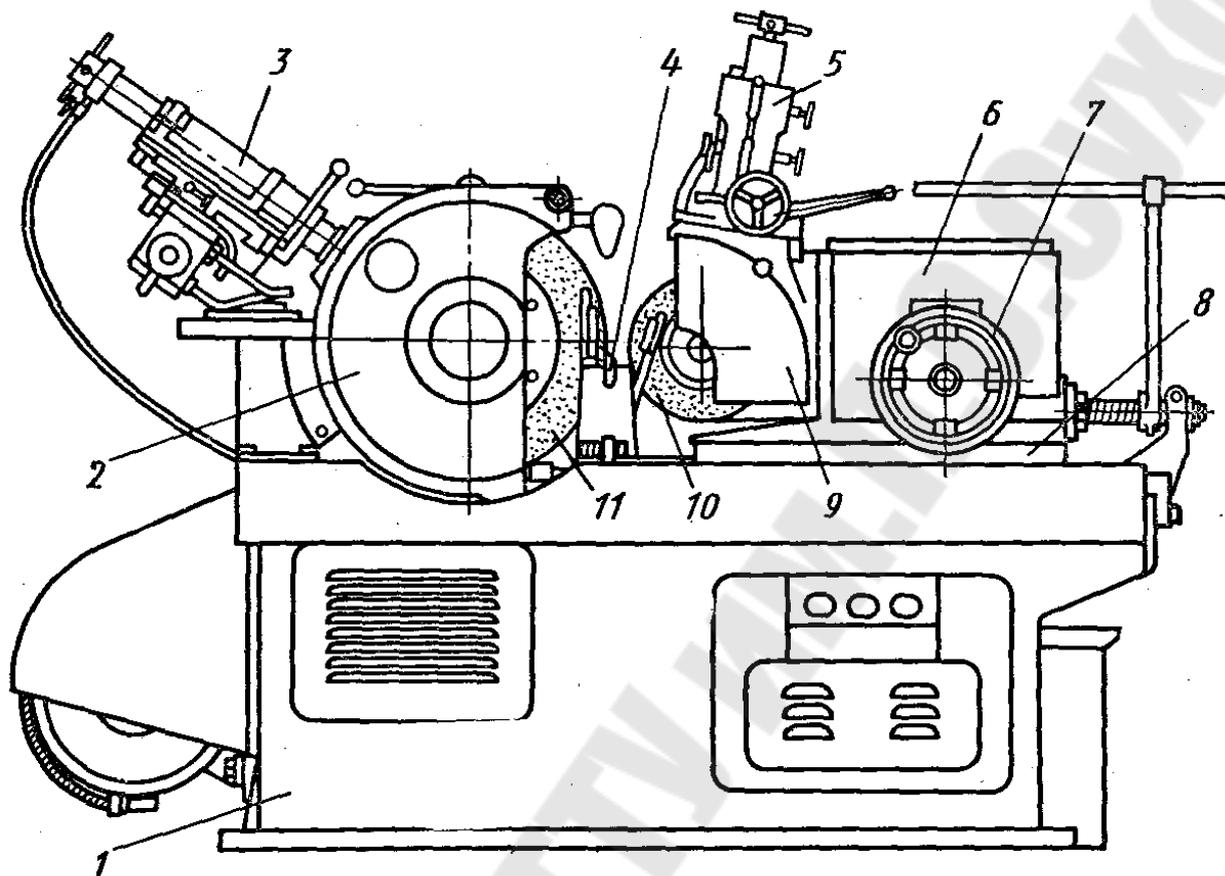


Рисунок 9.5– Общий вид бесцентрового кругло-шлифовального станка

Кинематика станка (рисунок 9.6): Привод вращения шлифовального круга состоит из электродвигателя М1 и ременной передачи.

Конечные звенья цепи главного движения:

электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} = n_{шп.}$$

Привод вращения ведомого круга состоит из отдельного электродвигателя М2 и червячной передачи.

Конечные звенья цепи вращения ведомого круга:

электродвигатель – шпиндель ведомого круга.

Расчетное перемещение цепи вращения ведомого круга:

n об/мин эл. дв. → n об/мин ведомого круга.

Уравнение кинематического баланса цепи вращения ведомого круга в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{чп} = n_{шпн}$$

Привод радиальной подачи бабки ведущего круга состоит из гидроцилиндра, плоского кулачка и передачи винт-гайка.

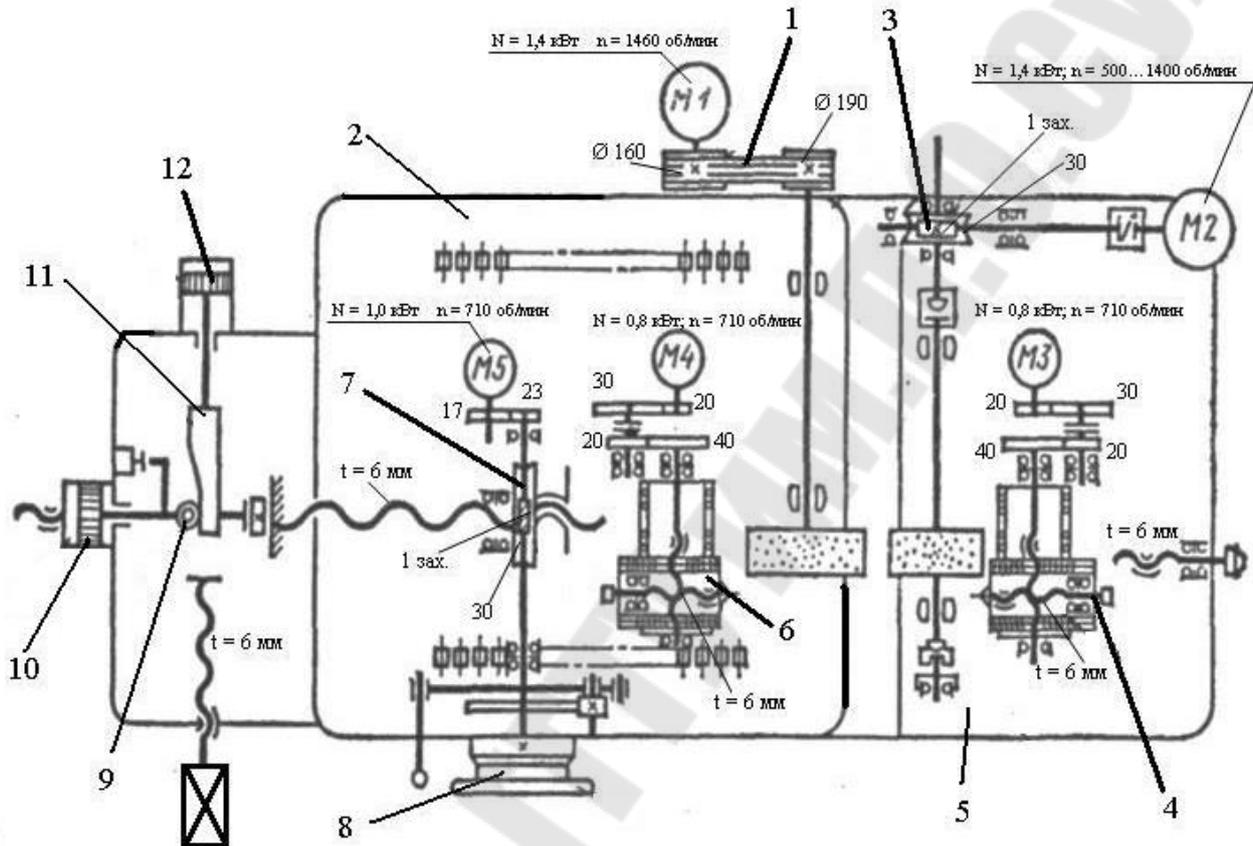


Рисунок 9.6 – Кинематическая схема круглого бесцентрово-шлифовального станка

Принцип работы. Обрабатываемую деталь устанавливают между ведомым и ведущим кругами на опорном ноже так, чтобы центр детали был несколько выше линии центров обоих кругов. Шлифующему кругу сообщается быстрое вращательное движение, окружная скорость которого должна соответствовать принятой для шлифовальных операций скорости резания и должна быть направлена в точке касания с деталью в сторону опорного ножа.

Ведущему кругу также сообщается вращательное движение в том же направлении, что и шлифующему кругу, но со значительно меньшей скоростью, соответствующей скорости круговой подачи детали. Система сил, действующая на деталь со стороны абразивных кругов и опорного ножа, заставляет ее вращаться с окружной скоростью, практически равной окружной скорости вращения ведущего

круга.

Салазки с опорным ножом и бабкой ведущего круга устанавливают так, чтобы расстояние между абразивными кругами точно соответствовало заданному диаметру обрабатываемой детали.

При работе методом продольной подачи ось ведущего круга устанавливают под небольшим углом ($1—6^\circ$) к оси детали, в результате чего появляется осевая составляющая окружного усилия, под действием которого деталь перемещается вдоль своей оси.

При работе методом радиальной подачи ось ведущего круга располагают параллельно оси детали или под незначительным углом наклона. Продольная подача в этом случае отсутствует. Радиальная подача сообщается бабке ведущего круга. Обработка при этом методе шлифования производится то жесткому упору, который устанавливают в соответствии с заданным диаметром обрабатываемой детали. Для восстановления правильной геометрической формы абразивных кругов на станке предусмотрены два приспособления: для правки шлифующего и ведущего кругов.

9.3. Плоскошлифовальные станки

Плоское шлифование часто применяют вместо чистового строгания, чистового фрезерования и шабрения. Плоские поверхности можно шлифовать периферией и торцом круга (рисунок 9.7). Разновидностью плоского шлифования является профильное шлифование, выполняемое на плоскошлифовальных станках. При работе периферией круга на станках с прямоугольным столом припуск снимают следующими способами.

Шлифование поперечными рабочими ходами, при этом поперечная подача круга (детали) вдоль оси шпинделя осуществляется за каждый ход стола; круг снимает слой материала толщиной, равной глубине резания, а шириной, равной поперечной подаче круга за один ход стола. После рабочего хода вдоль всей шлифуемой поверхности круг устанавливают на определенную глубину и снимают следующий слой. Рабочие ходы повторяются до полного удаления припуска.

При глубинном шлифовании круг снимает основную часть припуска за каждый ход стола; после каждого хода стола круг (стол) перемещается вдоль оси шпинделя на расстояние $(3/4—4/5)H$; оставшуюся часть припуска ($0,01...0,02$ мм) снимают предыдущим способом.

При шлифовании ступенчатым кругом основная часть припуска

распределяется между отдельными ступенями круга и снимается за один рабочий ход; последняя ступень снимает небольшой слой материала; затем выполняют чистовое шлифование поперечными рабочими ходами.

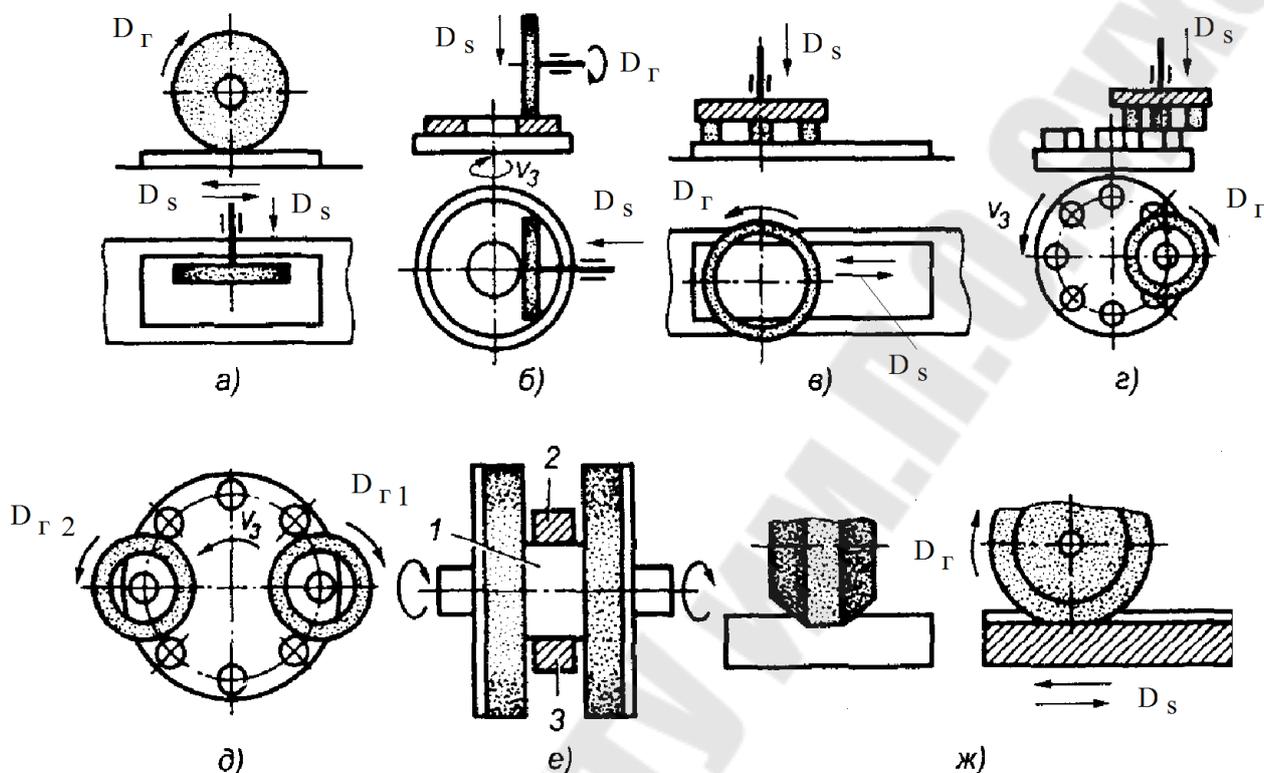


Рисунок 9.7 – Схемы обработки поверхностей при плоском шлифовании периферией и торцом шлифовального круга

Плоскошлифовальные станки по принципу работы делят на: станки для шлифования периферией и торцом круга; по форме стола и характеру его движения делят на: станки с возвратно-поступательным и вращательным движением стола; по степени универсальности делят на: универсальные, полуавтоматические и автоматические. Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом выпускают с горизонтальным и вертикальным шпинделем, неавтоматизированные и полуавтоматические станки с приборами активного контроля.

В мелкосерийном и среднесерийном производстве наиболее часто используют плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем. В массовом производстве наибольшее распространение получили станки с круглым столом, а также двусторонние торцешлифовальные станки с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделей.

Плоскошлифовальный станок модели 3724 предназначен для

шлифования плоскостей различных деталей из стали, чугуна или цветных металлов периферией круга. Высокая жесткость станка и значительная мощность электродвигателя шлифовальной бабки обеспечивают возможность использования его как для обдирочных, так и для чистовых операций в условиях индивидуального и серийного производства.

Техническая характеристика станка

- наибольшие размеры обрабатываемых деталей в мм 2000x400x600;
- продольное перемещение стола в мм:
 - наибольшее 2300;
 - наименьшее 300;
- расстояние от оси шпинделя до стола в мм:
 - наибольшее 850;
 - наименьшее 185;
- наибольшее поперечное перемещение шлифовальной бабки в мм:
 - ручное 520;
 - гидравлическое 500;
- наибольшее вертикальное перемещение шлифовальной бабки в мм 673;
- диаметр шлифовального круга в мм:
 - наибольший 500;
 - наименьший 375;
- ширина шлифовального круга в мм:
 - наибольшая 100;
 - наименьшая 60;
- число оборотов шлифовального круга в минуту 1470;
- скорость продольного перемещения стола в м/мин:
 - наибольшая 33;
 - наименьшая 3;
- поперечная подача шлифовальной бабки за ход стола в мм:
 - наибольшая 50;
 - наименьшая 3;
- мощность приводного электродвигателя шлифовальной бабки в кВт 27,5;
- производительность насоса гидросистемы в л/мин:
 - основного 100;
 - дополнительного 35.

Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом общего назначения показан на рисунке 9.8.

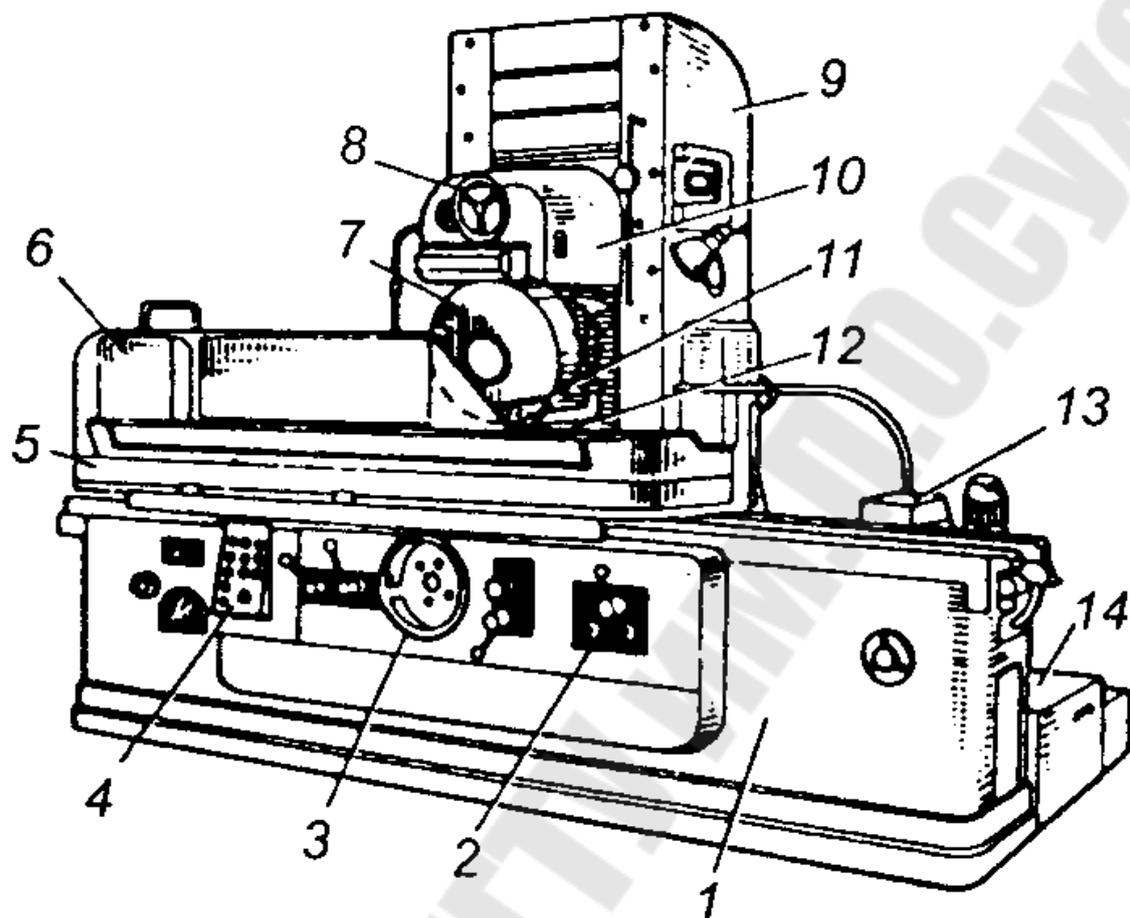


Рисунок 9.8 – Общий вид плоскошлифовального станка

На станине 1 станка установлен стол 5, совершающий возвратно-поступательное перемещение по направляющим от гидроцилиндра, расположенного в станине. Закрепление заготовок обычно производят с помощью магнитной плиты 12, привинченной к столу. На станине смонтирована стойка 9, несущая шлифовальную бабку 10 с горизонтальным шпинделем шлифовального круга 11, закрытого кожухом 7. Механизмы подачи, находящиеся в станине, шлифовальной бабки сообщают поперечное движение подачи (после каждого двойного хода стола) и вертикальное движение подачи (после каждого рабочего хода по снятию припуска со всей обработанной поверхности заготовки). Шпиндель вращается от электродвигателя, встроенного в шлифовальную бабку.

Механизмы подачи работают от гидроцилиндров, в которые поступает масло от гидростанции 13, управляемой от панели 2. Установочные ручные перемещения стола (в продольном направлении)

осуществляют маховиком 3, а шлифовальной бабки (в вертикальном направлении) маховиком 8. Включение и выключение станка производят с пульта управления 4. Во время работы магнитная плита с обрабатываемой заготовкой закрывается кожухом 6. Подача СОЖ обеспечивается от бачка с насосом 14.

Движения в станке. Движение резания — вращение шпинделя шлифовальной бабки с абразивным кругом. Продольная подача — прямолинейное возвратно-поступательное движение стола с деталью. Поперечная и вертикальная подачи — периодические поступательные перемещения, сообщаемые шлифовальной бабке с абразивным кругом. Вспомогательные движения — установочные и быстрые перемещения шлифовальной бабки в поперечном и вертикальном направлениях.

Кинематика станка (рисунок 9.9): привод главного движения состоит из электродвигателя и шпиндельного узла; привод продольной подачи стола гидрофицирован; привод поперечной и вертикальной подачи шлифовальной бабки также гидрофицирован.

Принцип работы. Дисковый абразивный круг закрепляют на конце шпинделя шлифовальной бабки. Обрабатываемую деталь в зависимости от формы и размера можно закрепить либо непосредственно на столе станка, либо на магнитной плите.

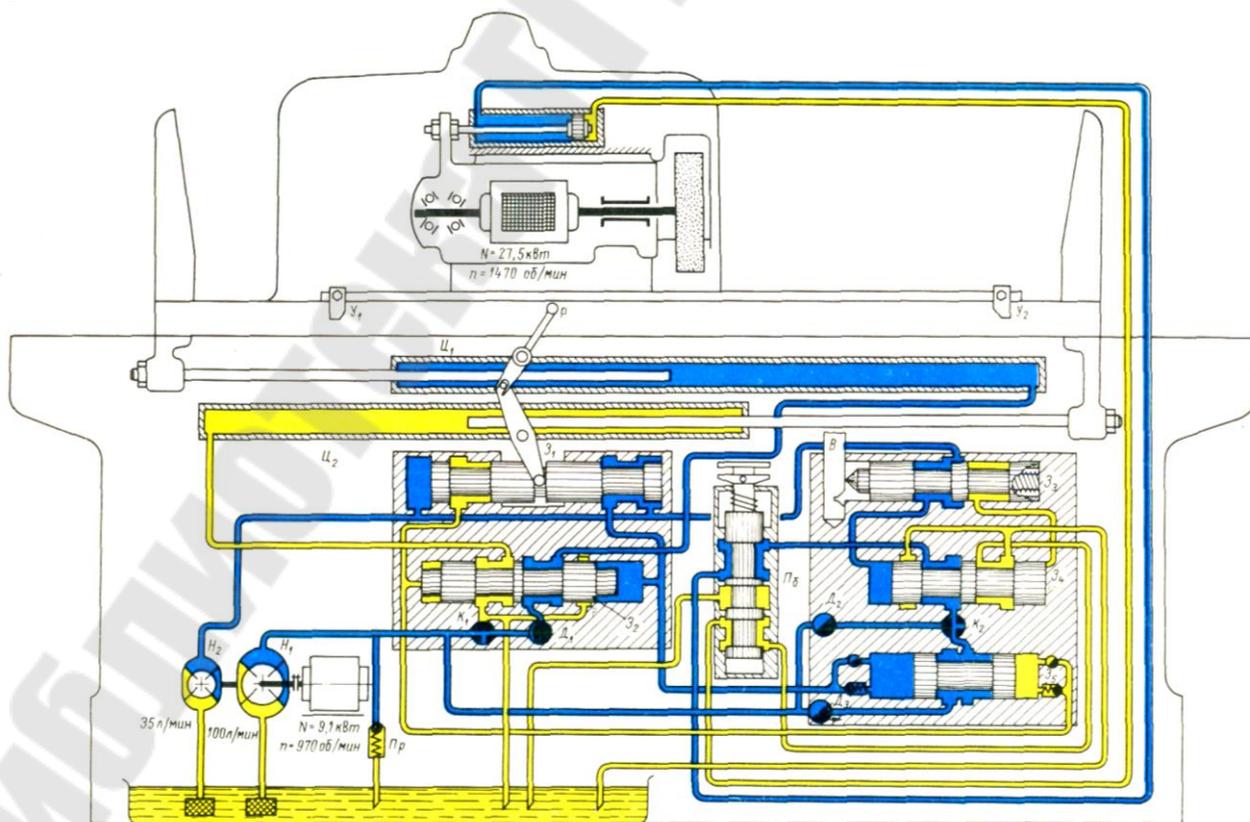


Рисунок 9.9 – Принципиальная схема плоскошлифовального станка

Стол с деталью получает прямолинейное возвратно-поступательное движение в продольном направлении. Длина и место хода стола определяются длиной и расположением на столе, шлифуемой детали и ограничиваются переставными упорами, которые устанавливаются в определенных местах и на нужном расстоянии друг от друга. При шлифовании деталей, ширина которых больше ширины круга, шлифовальной бабке сообщается периодическая поперечная подача после каждого или двойного хода стола.

После каждого прохода шлифовальной бабке сообщается вертикальная подача до полного снятия всего припуска.

9.4. Внутришлифовальные станки

Внутришлифовальные станки по виду круговой подачи выпускают обычными (простыми) и планетарными. Обычные станки применяют для шлифования отверстий в деталях, которые можно закреплять в патроне и которым можно сообщать вращательное движение. Такие станки получили наибольшее распространение. Для шлифования отверстий в тяжелых деталях, а также в деталях несимметричной формы используют планетарные внутришлифовальные станки.

Станок 3А252 является универсальным внутришлифовальным станком. Он предназначен для шлифования цилиндрических и конических отверстий (диаметром 50-200 мм и длиной до 200 мм) в мелко- и среднесерийном производстве. На станке может быть установлено торцешлифовальное устройство для обработки с одной установки торцом круга.

Техническая характеристика станка

- диаметр шлифуемого отверстия в мм:
 - наибольший 200;
 - наименьший 50;
- наибольшая длина шлифования в мм 200;
- наибольший диаметр обрабатываемой детали в мм 620;
- расстояние от оси шпинделя до стола в мм 315;
- пределы чисел оборотов шлифовального шпинделя в минуту 3550 – 10000;
- наибольший диаметр шлифовального круга в мм 150;
- ширина шлифовального круга в мм 60;
- пределы чисел оборотов шпинделя изделия в минуту 140 – 600;

- наибольший ход стола в мм 500;
- скорость хода стола в м/мин:
 - наибольшая 10;
 - наименьшая 0,3;
- наибольший угол поворота бабки изделия в град ± 30 ;
- мощность приводного электродвигателя шлифовального круга в кВт 5,5.

Станок состоит из станины 18, на направляющих которой смонтирован стол 17 со шлифовальной байкой 15, шпинделем и кругом 12. Шлифовальная бабка на столе перемещается по поперечным верхним направляющим качения механически или вручную от маховика 21. С левой стороны на станине на салазках 5 моста 3 установлена бабка изделия 6 со шпинделем и патроном 10. Бабка изделия установлена на салазках и имеет установочное поперечное перемещение от винта 4, а также при необходимости может поворачиваться на угол для шлифования конических отверстий (рисунок 9.10).

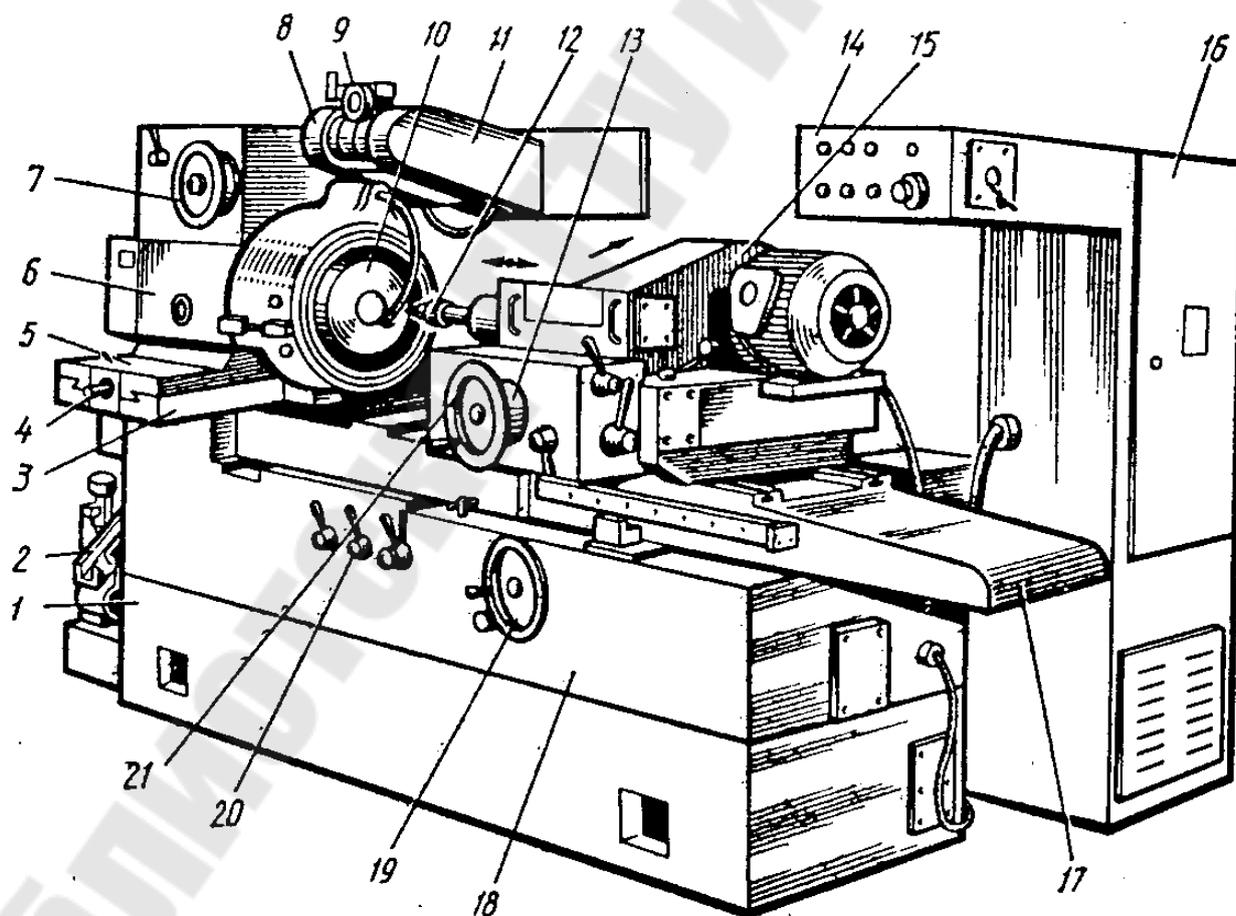


Рисунок 9.10 – Общий вид внутришлифовального станка

Продольное перемещение стола осуществляется от гидропривода, расположенного в станине и управляемого рукояткой 20. Вручную в продольном направлении стол перемещается маховиком 19. Торцешлифовальное устройство, установленное на бабке изделия, может поворачиваться из верхнего положения в рабочее механически или маховиком 7. Ручная подача круга (на врезание) — от маховика 9. Охлаждающая жидкость подается электронасосом 2 из бака 1. Электроаппаратура с пультом управления 14 расположена в электрошкафу 16.

В процессе шлифования вращаются заготовка и шлифовальный круг при одновременном, его возвратно-поступательном перемещении вместе со шлифовальной бабкой и столом. Шлифовальной бабке периодически сообщается поперечная подача. Работа торцешлифовального устройства происходит при вращении заготовки и шлифовального круга и подачей круга вдоль оси. Размер шлифуемого отверстия контролируют на станке или по лимбу 13 механизма поперечной подачи шлифовальной бабки, или по измерительному прибору. В этом случае лапка прибора вводится в отверстие и по мере снятия припуска по индикатору можно наблюдать за ходом шлифования и прекратить обработку при достижении размера.

Движения в станке. Движение резания — вращение шпинделя шлифовальной бабки с абразивным кругом. Круговая подача сообщается шпинделю бабки изделия с деталью. Продольной подачей является прямолинейное возвратно-поступательное движение стола со шлифовальной бабкой. Поперечная подача — периодическое перемещение шлифовальной бабки в радиальном направлении за ход стола. Ручные перемещения стола, бабки изделия и шлифовальной бабки являются вспомогательными движениями.

Кинематика станка (рисунок 9.11): Привод главного движения состоит из электродвигателя и ременной передачи со сменными шкивами.

Конечные звенья цепи главного движения:

электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} = n_{шпн}.$$

Привод круговой подачи заготовки состоит из отдельного электродвигателя, ременных передач и вариатора.

Конечные звенья цепи привода круговой подачи изделия:
электродвигатель – шпиндель бабки изделия станка.

Расчетное перемещение цепи привода круговой подачи изделия:
 n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя бабки изделия.

Уравнение кинематического баланса цепи привода круговой подачи изделия в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn1} \cdot i_v \cdot i_{pn2} = n_{ин.детали.}$$

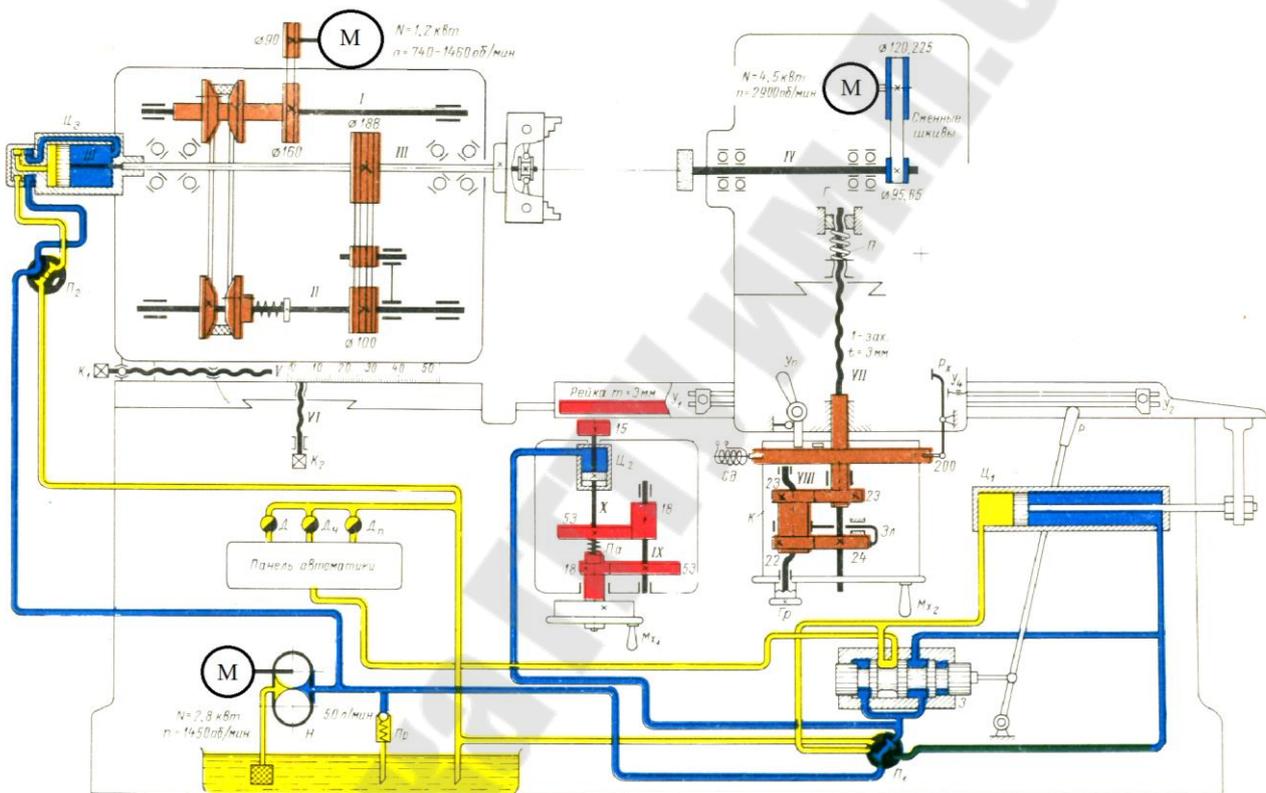


Рисунок 9.11 – Принципиальная схема внутришлифовального станка

Привод продольной подачи стола гидрофицирован.

Привод поперечной подачи шлифовальной бабки заимствуется от одного двойного хода стола и через храповый механизм и передачу винт-гайка передаётся шлифовальной бабке.

Принцип работы. Обрабатываемая деталь закрепляется в мембранном или трехкулачковом патроне с помощью гидрозажима, цилиндр которого расположен на левом конце шпинделя и вращается вместе с ним. Освобождение обработанной детали производится специальным пилотом и возможно только при крайнем правом нерабочем положении стола.

Шпинделю бабки изделия сообщается вращение, соответствующее выбранной скорости круговой подачи. Шлифовальный круг, установленный на шпинделе шлифовальной бабки, вращается с высокими числами оборотов в соответствии с выбранной скоростью резания. При шлифовании цилиндрических отверстий ось шпинделя бабки изделия располагают параллельно направляющим стола; при шлифовании конических отверстий бабку изделия устанавливают так, чтобы ось ее шпинделя составляла с направляющими стола угол, равный половине угла конуса отверстия. Бабку изделия поворачивают относительно своей вертикальной оси квадратом.

Автоматический цикл работы станка состоит в следующем. Вначале обработка ведется на режиме чернового шлифования. После снятия припуска на черновое шлифование по команде электроизмерительного прибора стол отводится в правое крайнее положение, после чего осуществляется правка шлифовального круга. Замедленная скорость хода стола при правке устанавливается специальным дросселем.

По окончании правки круга панель автоматики переключает станок на режим чистового шлифования.

По окончании чистового шлифования измерительный прибор подает команду на отключение периодической поперечной подачи и включает реле времени, которое управляет процессом выхаживания.

По окончании выхаживания стол быстро отводится вправо и останавливается; в это время обеспечивается возможность освобождения гидрозжима детали и гидросистема подготавливается к режиму чернового шлифования следующей детали.

9.5. Доводочные станки

Принцип работы доводочных станков. К доводочным станкам относятся хонинговальные, притирочные и станки для суперфиниширования. Эти станки служат для исправления отклонений обрабатываемых поверхностей от правильной геометрической формы и обеспечения их высокого качества поверхностей ($R_z = 0,16-0,32$ мкм).

Хонинговальные станки используют для обработки внутренних и реже наружных поверхностей. Выпускают вертикальные, горизонтальные и наклонные станки, одношпиндельные и многошпиндельные, универсальные и специальные.

Хонинговальная головка получает одновременно вращательное и возвратно-поступательное движение. В корпусе головки установле-

на оправка с абразивными брусками тонкой зернистости. Бруски могут перемещаться а радиальном направлении от корпусов, которые раздвигают бруски в конце каждого двойного хода пружинной. Головка соединена со шпинделем станка посредством шарнира. В корпусе головки имеется шарнир. Шарниры обеспечивают самоустановку головки в обрабатываемом отверстии. Привод шпинделя аналогичен приводу шпинделя вертикально-сверлильного станка. Возвратно-поступательное перемещение хона обеспечивается гидросистемой. Хонингованием достигается $Ra = 0,16-0,004$ мкм, точность обработки - 6 квалитет включительно.

Притирочные станки. Выпускают универсального и специального назначения. Станки служат для обработки различных наружных и внутренних поверхностей мелкозернистым абразивом, который смешан со смазочным и связующим материалом (бензин, керосин, масла) и нанесен на поверхность инструмента-притира или заготовки.

Притиры изготавливают из чугуна, бронзы, стали и других материалов. Заготовки вкладывают в окна сепаратора, форма которого определяется формой заготовки. Сепаратор устанавливают с эксцентрисетом между притиром и диском, которые вращаются вокруг оси O в противоположные стороны с различными скоростями. Сепаратор (ось OZ) получает горизонтальное возвратно-поступательное движение от отдельного привода. В результате возникает сложное относительное движение заготовок и притира, которые обеспечивают высокое качество поверхности (до $Rz = 0,32$ мкм) и точность обработки до 6-го квалитета. Съем металла $0,003-0,03$ мм.

В притирочных (доводочных) станках применяют планетарный привод. В закреплении с центральным зубчатым колесом и наружным венцом находятся кассеты с заготовками. При вращении колес с частотами кассеты обкатываются в направлении и вращаются вокруг своих осей с частотой nz . Заготовки при этом описывают сложные траектории по поверхности притира, что обеспечивает высокую точность обработки.

Станки для суперфиниширования предназначены для обработки до $Ra = 0,1$ мкм наружных, внутренних поверхностей вращения и плоских поверхностей. Припуск на обработку почти не оставляют. В качестве инструмента применяют мелкозернистые брусочки, которые прижимаются к обрабатываемой поверхности пружинами или гидравлически. Суперфинишная головка состоит из штока, на котором

закреплена инструментальная державка. Сила прижима брусков на державке создается за счет сжатия пружины при подводе державки к обрабатываемой поверхности и фиксируется на шкале по указателю. Этот механизм работает в корпусе, который по направляющим совершает колебательное движение за счет осциллирования.

При суперфинишировании инструмент и заготовка получают следующие движения: 1 - круговое вращение инструмента, 2 - возвратно-поступательное перемещение инструмента, 3 - колебательное движение инструмента, 4 - вращение инструмента, 5 - колебательное движение заготовки. Получаемое сложное относительное движение обеспечивает высокое качество обрабатываемой поверхности.

10. СТАНКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

Назначение и принцип работы электроэрозионных станков.

Расширение возможностей и повышение производительности шлифовальных и заточных станков достигается применением электроэрозионных методов обработки. Электроэрозионная обработка основана на физическом явлении, заключающемся в направленном выбрасывании электронов под действием происходящего между электродами электрического импульсного заряда (рисунок 10.1). При сближении двух электродов и подключения к ним напряжения, достаточного для пробоя образовавшегося межэлектрического промежутка, возникает электрический заряд в виде узкого проводящего столба с температурой, измеряемой десятками тысяч градусов. У основания этого столба наблюдается разрушение (оплавление, испарение) материала электродов. Жидкая среда обеспечивает возникновение динамических сил, необходимых для удаления разрушаемого материала. Охлаждая электроды, жидкость стабилизирует процесс. Наиболее часто в качестве среды применяют трансформаторное масло, керосин. Основными разновидностями электроэрозионного способа являются электроискровая, электроимпульсная и анодно-механическая обработка.

Электроискровая обработка характеризуется широким диапазоном режимов обработки - от черновой, производительностью $1,5-10 \text{ мм}^3/\text{с}$ при $R_z=160-40 \text{ мкм}$, до отделочных производительностью около $0,001 \text{ мм}^3/\text{с}$ при $R_a=1,25-0,16 \text{ мкм}$. Характерные черты этого процесса: сравнительно низкая производительность обработки, большой износ электродов, применение преимущественно релаксационных, т.е. зависящих от состояния межэлектродного промежутка схем генерирования импульсов длительностью $10-200 \text{ мкс}$ при частоте $2-5 \text{ кГц}$, использование прямой полярности тока, образование на обрабатываемой поверхности тонкого дефектного слоя толщиной $0,2-0,5 \text{ мм}$ на черновых и $0,02-0,05 \text{ мм}$ на чистовых режимах. Интенсивный износ электродов ограничивает возможности, этого метода.

Электроискровой метод применяют при обработке заготовок небольших размеров, изготовлении твердосплавных матриц штампов, обработке отверстий малого диаметра, шлифовании, растачивании профильными электрод резцами. Инструмент является катодом, а заготовка - анодом. Напряжение в сети при обработке не превышает 250 В . По такой схеме работает, например электроэрозионный про-

шивочный станок с программным управлением 4Д722АФ3. Обычно профиль инструмента соответствует профилю обрабатываемого контура, но возможно вырезание непрофильной проволокой различных контуров. Материал инструмента чаще всего медь М1, М2, медный сплав МЦ-1, алюминий и его сплавы. Особенностью процесса является значительный износ инструмента (износ катода соизмерим с износом анода).

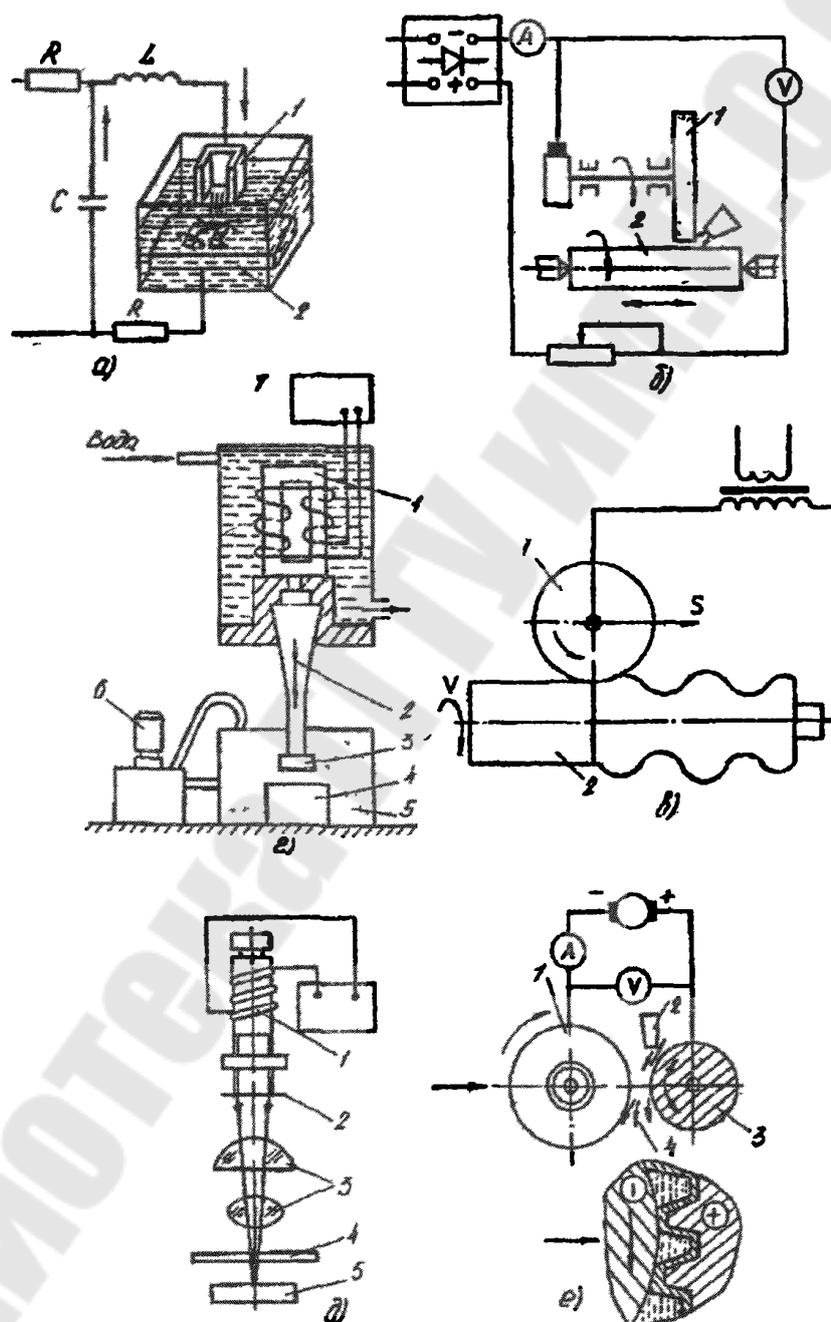


Рисунок 10.1 – Рабочие зоны станков электроискровой обработки (а), электроэрозионного шлифования (б), электроконтактного выравнивания (в), ультразвуковой обработки (г), светолучевой обработки (д) и анодно-механической обработки (е)

Электроискровая обработка характеризуется широким диапазоном режимов обработки - от черновой, производительностью 1,5-10 мм³/с при Rz=160-40 мкм, до отделочных производительностью около 0,001 мм³/с при Ra=1,25-0,16 мкм. Характерные черты этого процесса: сравнительно низкая производительность обработки, большой износ электродов, применение преимущественно релаксационных, т.е. зависящих от состояния межэлектродного промежутка схем генерирования импульсов длительностью 10-200 мкс при частоте 2-5 кГц, использование прямой полярности тока, образование на обрабатываемой поверхности тонкого дефектного слоя толщиной 0,2-0,5 мм на черновых и 0,02-0,05 мм на чистовых режимах. Интенсивный износ электродов ограничивает возможности, этого метода.

Электроискровой метод применяют при обработке заготовок небольших размеров, изготовлении твердосплавных матриц штампов, обработке отверстий малого диаметра, шлифовании, растачивании профильными электрод резцами. Инструмент является катодом, а заготовка - анодом. Напряжение в сети при, обработке не превышает 250 В. При такой схеме работает электроэрозионный прошивочный станок с программным управлением 4Д722АФ3. Обычно профиль инструмента соответствует профилю обрабатываемого контура, но возможно вырезание непрофильной проволокой различных контуров. Материал инструмента чаще всего медь М1, М2, медный сплав МЦ-1, алюминий и его сплавы. Особенностью процесса является значительный износ инструмента (износ катода соизмерим с износом анода).

При алмазно-электроэрозионном шлифовании микрорезание алмазным инструментом детали сопровождается процессом эрозионного разрушения. Выпускают алмазно-электроэрозионные станки для заточки резцов, дисковых фрез, а также кругло- и внутришлифовальные станки (рисунок 10.1, б). В качестве инструмента для данного вида обработки применяют алмазные круги на токопроводящих металлических связках М1, МВ1, М013Э, М04 с алмазами марки АСР, АСВ, зернистостью 100/80-250/200, концентрацией 100 %.

Режимы электроимпульсной и электроискровой обработки различны. При электроимпульсной обработке применяют пониженные напряжения и большие значения средних токов, а частота тока, питающего разрядный межэлектродный промежуток, стабильна.

Электроимпульсная обработка характеризуется применением униполярных импульсов тока длительностью 0,5-1,0 мкс, скважностью 1-10; производительностью 100-300 мм³/с на грубых режимах с

$Rz=80-400$ мкм; малым относительным износом электродов, составляющим для графита 0,1-0,5 %; применением обратной полярности (при соединении электродов к положительному полюсу источника тока); применением в качестве источников тока транзисторных широкодиапазонных генераторов импульсов низкой и средней частоты (400-3000 Гц) типа ШГИ, ГТИ, ВГ-ЗВ; работой обычно с низким напряжением (25-30 В) и большой силой тока (50-5000 А). Основная область применения электроимпульсного метода - образование отверстий в деталях больших объемов, сложной формы и невысокой точности в заготовках из обыкновенной и жаропрочной стали (например, штампов, лопаток турбин, цельных роторов турбин, решеток и т.п.).

Электроконтактная обработка основана на механическом разрушении или формоизменении металлических поверхностей, производимым одновременно с нагревом или расплавлением этих поверхностей электрическим током (рисунок 10.1, в). При этом методе в месте контакта двух токопроводящих поверхностей выделяется тепло вследствие повышенного сопротивления, а также электрического разряда. Разрушение поверхности заготовки при обработке с напряжением свыше 10 В (до 20-22 В) и рабочим током 5000 А происходит в результате электродугового процесса возникновения множества микродуг в месте контакта микронеровностей электродов (инструмента и заготовки). Источниками питания служат трансформаторы с жесткой характеристикой или выпрямители, также могут быть использованы сварочные агрегаты. Они устанавливаются на универсальных токарных, фрезерных и других станках. Движущийся инструмент подводит ток и удаляет размягченный металл, но благодаря вибрации способствует возникновению множества прерывистых контактов, необходимых для образования дуговых разрядов. Для обтачивания, растачивания и подрезки торцев используют чашечные электроды из серого чугуна диаметром 150-350 мм и высотой 68-90 мм, а для отрезки - дисковые.

Основной особенностью электроконтактной обработки является высокая производительность процесса до $3000 \text{ мм}^3/\text{с}$ при низком качестве обработки. На мягких режимах производительность составляет $2 \text{ мм}^3/\text{с}$ при $Rz=80-20$ мкм и глубине микротрещин на твердых сплавах или закаливаемых сталях до 0,3-0,5 мм. Во всех случаях наблюдаются наплывы на кромках обрабатываемой поверхности. Электроконтактную обработку выполняют в воздушной или жидкой среде. Производительность обработки линейно растет с увеличением

напряжения и мощности питания. Этот метод применяют в основном для обработки крупных деталей. Он может быть использован для зачистки литейных поверхностей и сварных швов.

Анодно-механическая обработка заключается в электрохимическом растворении металла с его механическим удалением, дополнительно может иметь место электроэрозионное разрушение. Схема обработки показана на рисунке 10.1, е. При сближении электродов (деталь) и (инструмент) и прохождения между ними электролита (рабочей жидкости) из сопла, под действием тока происходит разрушение электрода, соединенного с положительным источником тока (анодом). Это разрушение при низких плотностях тока происходит в виде анодного растворения металла, а при высоких плотностях в виде его электроэрозионного разрушения. Образующиеся продукты распада плохо проводят ток и изолируют один электрод от другого. Для их удаления осуществляют движение инструмента с небольшой силой. Процесс протекает непрерывно, сближающийся материал продолжает разрушаться, и требуемая обработка осуществляется независимо от его твердости.

Процесс анодно-механической обработки зависит от плотности тока, напряжения и давления на обрабатываемую поверхность, а также от скорости движения инструмента. Электролитический режим определяет производительность процесса и качество обработанных поверхностей. Напряжение источника тока колеблется от десятых долей A/cm^2 на чистовых операциях до нескольких A/cm^2 на черновых. Давление инструмента обуславливает межэлектродный зазор и связанное с ним электрическое сопротивление, а совместно с силой тока и рабочим напряжением определяет съем металла. Скорость перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности влияет на скорость и степень нагрева поверхностного слоя металла заготовки и шероховатость поверхности. Скорость инструмента составляет 0,5-25 м/с, а сила его прижима - 50-200 кПа. Наилучший состав рабочей жидкости - раствор жидкого стекла (силиката натрия) в воде.

Анодно-механическая обработка характеризуется: малым износом электрода-инструмента относительно электрода-заготовки, обычно не превышающим 20-30 % на грубых и 2-3 % на чистых режимах; высокой производительностью на грубых режимах, достигающей 35-100 mm^3/c при $Rz=500-600$ мкм, и шероховатостью поверхности на мягких режимах, достигающей 1 мкм при производительности 0,01 mm^3/c . Анодно-механическую обработку выполняют на

оснащенных генератором и электролитной установкой токарных, фрезерных, сверлильных, шлифовальных и других станках. Электроэрозионные явления при анодно-механической обработке снижают удельные затраты мощности по сравнению с обычным резанием в 3,3 раза.

Электроэрозионный станок типа 4732ФЗ предназначен для обработки заготовок сложного контура с прямолинейной образующей, например, рабочих элементов вырубных штампов, фасонных фильер в матрицах, фасонных резцов, шаблонов и подобных заготовок из любых токопроводящих материалов: легированных, закаленных сталей, металлокерамических, твердых сплавов, цветных металлов и т.д. Электродом-инструментом является непрерывно перемещающаяся латунная, вольфрамовая или молибденовая проволока диаметром 0,05-0,3 мм.

Обработку ведут в среде рабочей жидкости, в качестве которой используют воду с антикоррозийными присадками или керосин. Импульсный технологический ток вырабатывается тиристорным генератором типа ГКИ-250.

Станок может комплектоваться копировальной системой управления, работающей по фотошаблону. Это позволяет обрабатывать заготовки со сложным контуром, программирование которого затруднено. Заготовки с наклонной образующей обрабатывают при применении специальных приспособлений.

Техническая характеристика станка: наибольшие размеры обрабатываемой заготовки 250x160x75 мм; наибольшая масса заготовки 45 кг; точность изготовления контура 0,032 мм; производительность мм³/мин при обработке заготовок из стали и меди - 35; из твердого сплава - 18; габаритные размеры станка 830x1200x1570 мм.

Устройство ЧПУ станка типа CNC имеет линейно-круговой интерполятор, обеспечивает управление двухкоординатным приводом подачи в плоскости X-Y по программе, заданной в коде ISO. Цена деления импульса программного управления при линейных перемещениях 0,001 мм, при круговых 0,1°, точность координатных перемещений по программе 0,025 мм. Для обработки поверхности наклонной проволокой необходимо управление по третьей координате для поддержания заданного угла наклона проволоки. В этом случае нужно пользоваться служебной программой-интерпретатором, поставляемой со станком. Она заносится в оперативное запоминающее устройство к ЧПУ и вслед за ней помещается программа для обработки детали.

Перемещение скобы с проволокой в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях является движением формообразования. Ходовые винты качения Y1 и X приводятся в движение шаговыми двигателями M2 и M3 типа ШД5-Д1М через редукторы.

Линейное перемещение скобы в том или другом направлении за один импульс при минимальном повороте вала шагового двигателя на $1,5^\circ$ составит 0,001 мм.

Ручное перемещение скобы осуществляется в продольном направлении непосредственно от ходового винта X, в поперечном направлении - через винтовую зубчатую передачу.

В качестве направляющих в станке использованы линейные подшипники качения.

Перемотка проволоки осуществляется непосредственно двигателем M4 типа РД-09 со встроенным редуктором $N=10$ кВт; редукция 1/76 мин-1 через ведущий ролик диаметром 45 мм. Скорость перемотки регулируется в пределах 8-20 мм/с за счет изменения частоты вращения двигателя M4. Вращение на катушку, принимающую отработанную проволоку, передается через ременную передачу. Направление движения проволоки в рабочей зоне сверху вниз. Раскладка проволоки на приемной катушке производится за счет осевого возвратно-поступательного движения катушки, осуществляемого качающимся рычагом и торцовым кулачком. Вращение кулачку передается от двигателя M4 через зубчатые пары. Натяжение проволоки осуществляется электродвигателем M5 ($N=0,015$ кВт, $n = 3000$ об/мин), работающим в заторможенном режиме. Управление наклоном проволоки происходит от шагового двигателя ШД5-Д1М.

Ультразвуковая обработка металлов. Ультразвуковыми называют большую группу процессов и операций разнообразного назначения, осуществляемых с механическими упругими колебаниями частотой выше 16-18 кГц. В одних процессах ультразвуковые колебания используют для передачи в зону обработки необходимого количества энергии (размерная ультразвуковая обработка твердых материалов), в других служит средством интенсификации химических и электрохимических процессов. Ультразвуковая размерная обработка - это направленное разрушение твердых и хрупких материалов при помощи мельчайших зерен абразивного порошка, вводимых в виде суспензий в зазор между торцом инструмента и заготовкой, колеблющихся с ультразвуковой частотой. Под ударами зёрен абразива ска-

лываются мелкие частицы материала с поверхности заготовки. Обрабатываемая площадь и наибольшая глубина обработки зависят от сечения и свойств магнестрикционного материала, из которого изготовлен двигатель-преобразователь.

Ультразвуковой обработке поддаются хрупкие материалы (стекло, твердые сплавы и др.), частицы которых скалываются ударами зерен абразива. Вязкие материалы (незакаленная сталь, латунь) плохо обрабатываются ультразвуковым способом, т.к. в этом случае не происходит сколов. На рисунке 10.1, г изображена схема ультразвуковой обработки. Магнестрикционный преобразователь 1 связан с концентратом 2, к концу которого присоединен инструмент 3, воздействующий на абразивные частицы суспензии 5. В заготовке 4 обрабатывается отверстие, копирующее форму и размеры (в сечении) инструмента. Суспензию подают в ванну насосом 6. Электрический высокочастотный ток к преобразователю подается от генератора 7. При работе установки преобразователь охлаждают проточной, водой.

Ультразвуковую обработку используют для изготовления отверстий разнообразного профиля в труднообрабатываемых материалах, а также для гравировки и маркировки. Материалом инструмента служат латунь, медь, чугун. Профиль инструмента соответствует профилю обрабатываемого отверстия. Все шире применяют алмазные инструменты для обработки деталей из хрупких твердых материалов. Ультразвуковая алмазная обработка отличается высокой производительностью и сопровождается предельным износом инструмента.

Для ультразвуковой обработки материалов на фрезерных станках разработана универсальная ультразвуковая головка УЗБГ-4, питаемая от серийного генератора УЗГ-3-0,4 (рисунок 10.3). Головка, предназначенная для обработки глухих цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, канавок, пазов криволинейной формы в хрупких неметаллических материалах, отличается простотой конструкции и возможностью легкой разборки для замены сальников и щеток. В головке обеспечена легкая установка и смена алмазных инструментов.

Рабочая частота головки УЗГ-3-0,4: 44+5 % кГц; амплитуда колебаний торца до 15 мкм; наибольшая частота вращения: 2500 об/мин; время непрерывной работы: 60 мин; масса: 2,6 кг; диаметр алмазного инструмента: 3-1,5 мм.

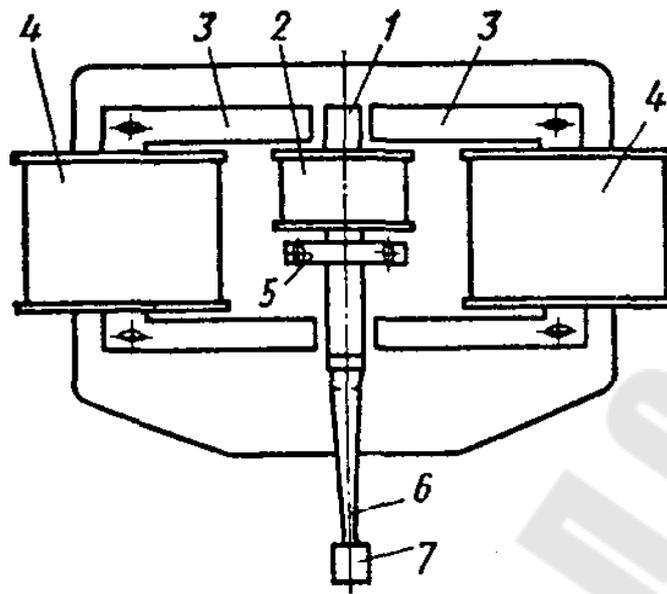


Рисунок 10.3 – Головка магнестрикционного преобразователя ультразвуковой установки: 1 – сердечник вибратора; 2 – катушка возбуждения; 3 – сердечники; 4 – катушки подмагничивания; 5 – скобы; 6 – трансформатор скорости; 7 – инструмент

Универсальный настольный прошивочный ультразвуковой станок 4770 (рисунок 10.4) предназначен для обработки деталей из твердых и хрупких материалов: стекла, керамики, полупроводниковых материалов, камня, твердых сплавов и т. п. На станке можно выполнять круглые и фасонные отверстия и полости, вырезать заготовку, гравировать, резать и др. Во время работы инструмент колеблется с ультразвуковой частотой в направлении его подачи. Одновременно центробежным насосом под торец инструмента подается абразивная суспензия.

Стол 2 станка имеет координатные установочные перемещения в горизонтальной плоскости по направляющим типа ласточкина хвоста. Ходовые винты снабжены лимбами с ценой деления 0,02 мм. Ползуну 5 вручную сообщают перемещение по шариковым направляющим станины 1 через реечную передачу $z_1 — z_2$, или механически от регулируемого двухфазного асинхронного электродвигателя 8 через редуктор и реечную передачу. Электродвигатель работает на заторможенном режиме, развивая крутящийся момент в соответствии с силой подачи инструмента. Ползун вместе с укрепленной на нем головкой уравновешен грузом 11, подвешенным на ленте 10, намотанной на барабан 9 валика привода ручной подачи. Для плавности хода ползун имеет масляный демпфер, цилиндр 4 которого крепят к корпусу каретки 7, а шток 6 — к ползуну. Скорость ползуна ре-

гулируется иглой, перекрывающей пропускное отверстие в штоке. Для ускоренного отвода поршня имеется обратный клапан.

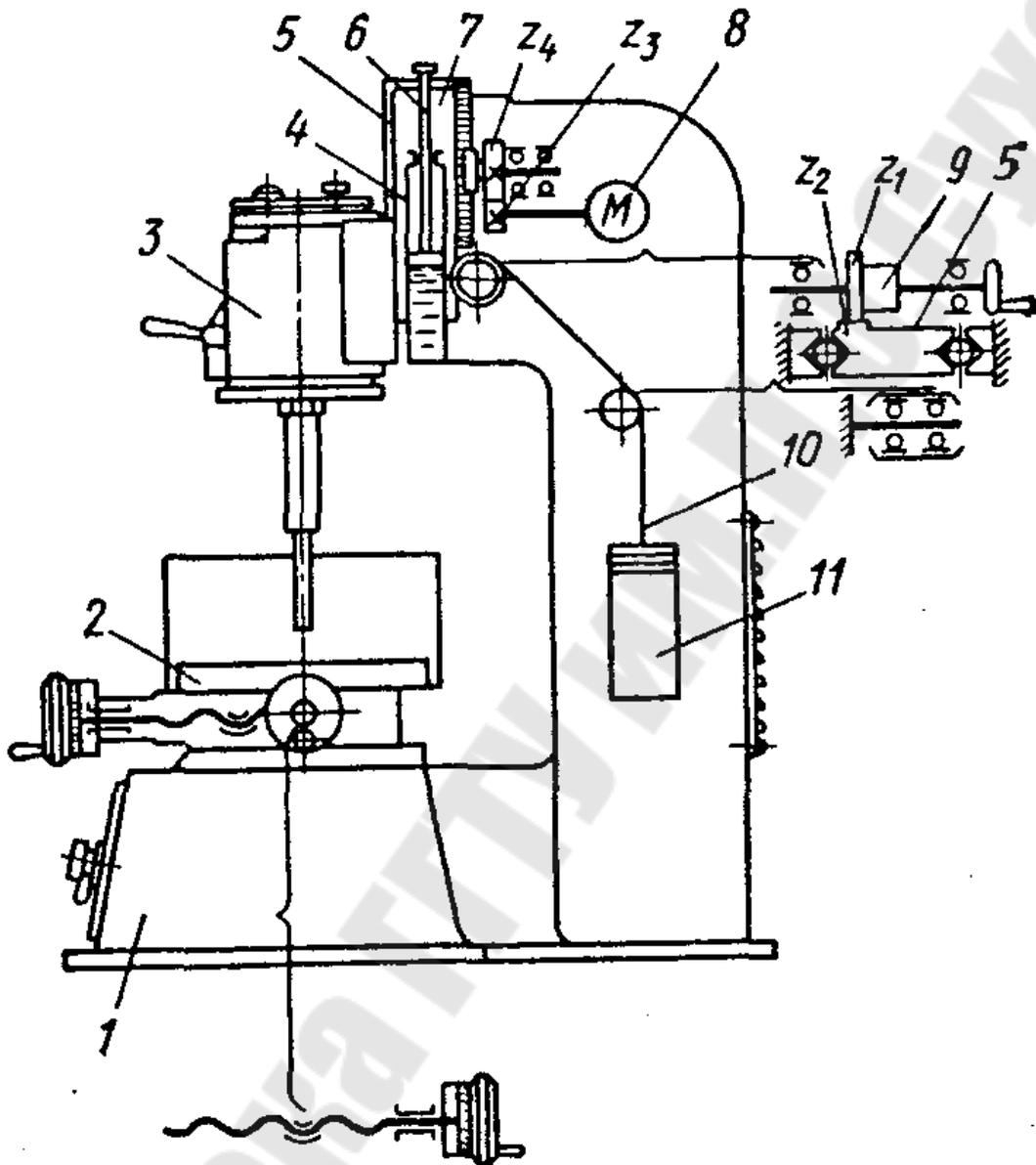


Рисунок 10.4 – Кинематическая схема универсального ультразвукового прошивочного станка

Основной частью станка является акустическая головка 3, которая сообщает инструменту колебательное движение. В головке применен двухстержневой никелевый магнитострикционный вибратор (преобразователь).

Техническая характеристика станка: диаметр обрабатываемого отверстия (сплошным инструментом) 0,5-10 мм; наибольшая глубина обработки, мм (2-5) d ; продольное перемещение стола 80 мм; ход ползуна 100 мм; перемещение головки по ползуну 110 мм; чувствительность механизма подачи 0,686-0,980; рабочая частота 20 кГц;

мощность генератора 0,25 кВт.

Электронно-лучевая обработка основана на использовании кинетической энергии сфокусированного пучка электронов. Большие скорости электронам сообщают с помощью высоких ускоряющих напряжений в среде, имеющей достаточный вакуум. Сущность процесса состоит в испарении вещества из зоны касания электронного луча. Этот вид обработки применяют для вырезания микродиодов, изготовления тонких пленок и сеток из медной фольги и т.д. Такой обработкой можно получать очень малые отверстия и прорезы шириной до 0,01 мм. Установка для электронно-лучевой обработки состоит из электронной пушки, в которой образуется мощный электронный луч, вакуумной или рабочей камеры (вместе с устройствами для точной установки и перемещения заготовки), вакуумных насосов, контрольной схемы, управляющей электронным лучом и его траекторией, высоковольтного источника энергии, приборов для наблюдения и контроля за ходом процесса (рисунок 10.5). Для уменьшения энергии, рассеиваемой в материале детали, применяется импульсный режим работы.

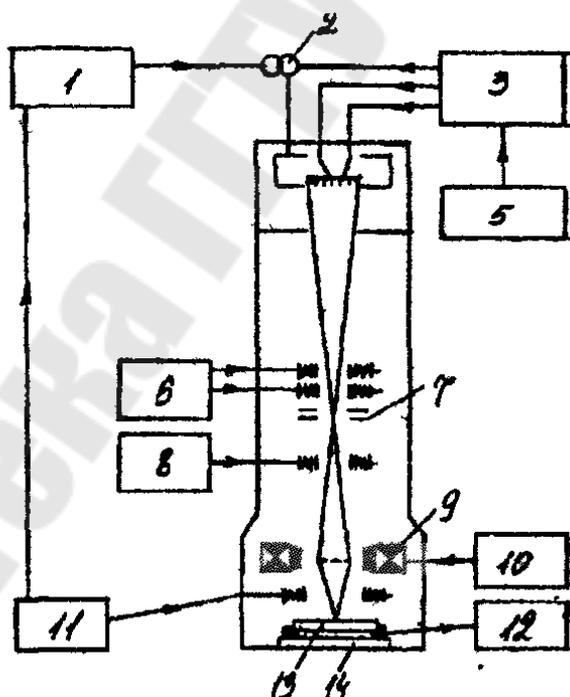


Рисунок 10.5 – Схема установки для электроннолучевой обработки

Лазерная обработка - обработка сфокусированным световым лучом. Ее применяют для резки, сварки, получения отверстий и т.п. Лазеры работают в импульсном режиме.

Энергия их светового импульса невелика, но она сфокусирована в луче диаметром 0,01 мм и выделяется в миллионные доли секунды.

При такой концентрации энергии и её мгновенном выделении материал обрабатываемой заготовки нагревается до высоких температур, плавится и испаряется.

Лазер или квантовый генератор состоит из трех основных элементов: активного вещества, являющегося источником индуцированного излучения, источника возбуждения (подкачки), который снабжает энергией активное вещество, и резонансной системы. Когда энергия импульса источника излучения превышает определенную величину, наблюдается увеличение интенсивности излучения в 1000 раз; с помощью линзы оно фокусируется в узкий пучок. Оптическая подкачка осуществляется одним или несколькими источниками излучения (вспышками), снабженными рефлекторами-отражателями. Резонансной системой служит стержень из рубина или ниобиевого стекла, торцы которого отполированы и представляют собой зеркала, причем один торец покрыт непрозрачным слоем серебра, а другой, также посеребренный, имеет коэффициент пропускания около 8 % (рисунок 10.6).

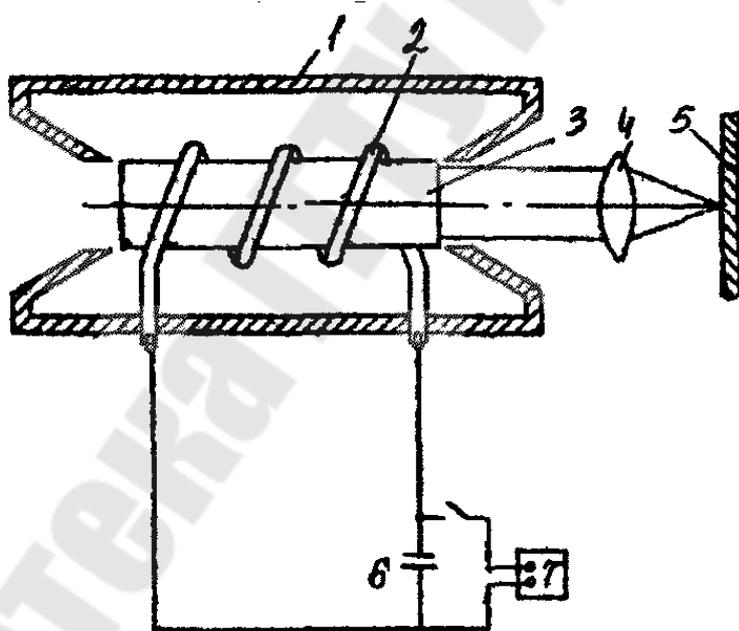


Рисунок 10.6 – Схема светолучевой обработки

Оптический квантовый генератор работает следующим образом: при разрядке конденсатора происходит возбуждение световых колебаний, появляется вспышка света продолжительностью около 0,001 с. Свет отражателем фокусируется на стержень, в результате чего его атомы переходят в возбужденное состояние. Когда больше половины атомов приходит в возбужденное состояние, равновесие становится неустойчивым, и вся энергия, аккумулированная в кристалле, освобождается, и кристалл испускает ослепительно яркий свет.

11. ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ И РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Зубообрабатывающие станки предназначены для нарезания и отделки зубьев колес различных передач. По виду обработки и инструмента различают следующие зубообрабатывающие станки: зубофрезерные, зубострогальные, зубопротяжные, зубошлифовальные и др. По назначению станки бывают: для обработки цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями, червячных колес, шевронных колес, зубчатых реек, конических прямозубых колес, с криволинейными зубьями. По степени шероховатости обработанной поверхности выделяют станки: для предварительного нарезания зубьев, для чистовой обработки, для отделочной обработки поверхности зубьев.

Существуют два метода нарезания зубчатых колес на зубообрабатывающих станках: метод обката и метод копирования.

При методе копирования используется инструмент, режущая кромка которого совпадает по форме с профилем впадины зубчатого венца. Модульная фреза перемещается вдоль впадины цилиндрического колеса, в каждый момент времени оставляя отпечаток своей формы. После обработки одной впадины заготовку поворачивают на окружной шаг (движение деления) и обрабатывают следующую впадину (рисунок 11.1).

Данный метод имеет свои недостатки: профиль зуба зависит от модуля и числа зубьев колеса. Для точной обработки каждого колеса нужна своя фреза. Поэтому необходим большой набор сложных фрез. Практически ограничиваются набором из 8 или 15 фрез для каждого модуля. При этом одной фрезой нарезают колеса с различным числом зубьев (в некотором интервале). Наименьшее из колес интервала получается с правильным профилем, другие не точно. Достоинство метода копирования простота оборудования. Обработку можно вести на горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках с использованием делительной головки. Метод копирования мало производителен.

Метод копирования используется в единичном производстве, чаще при ремонтных работах. Специальные зубодолбежные станки с резцовой головкой обеспечивают очень высокую производительность, их применяют в массовом производстве.

Наиболее распространен метод обката (рисунок 11.2). В этом случае режущий инструмент и заготовка обкатывается подобно звеньям зубчатой передачи.

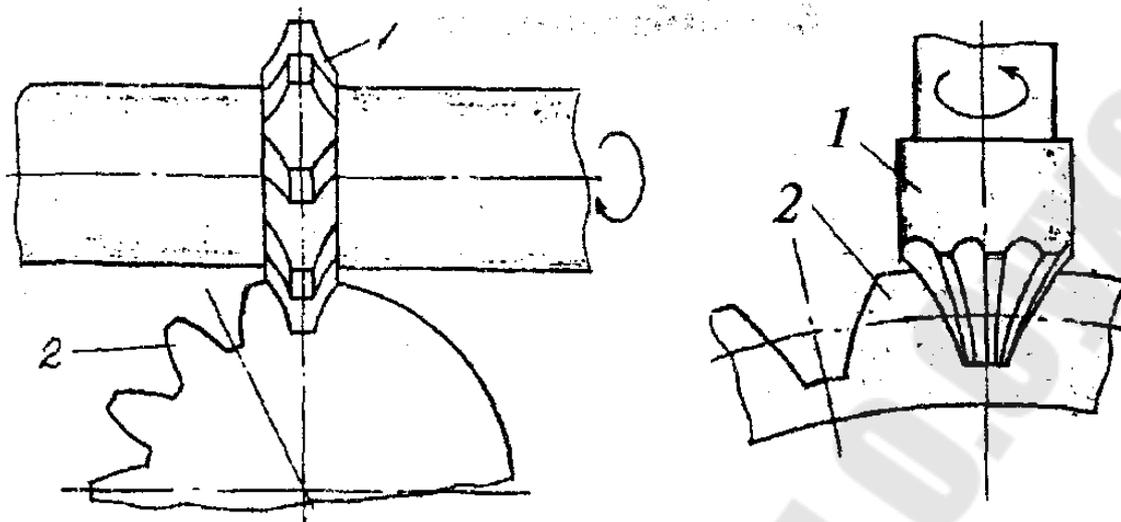


Рисунок 11.1 – Схема обработки зубьев методом копирования

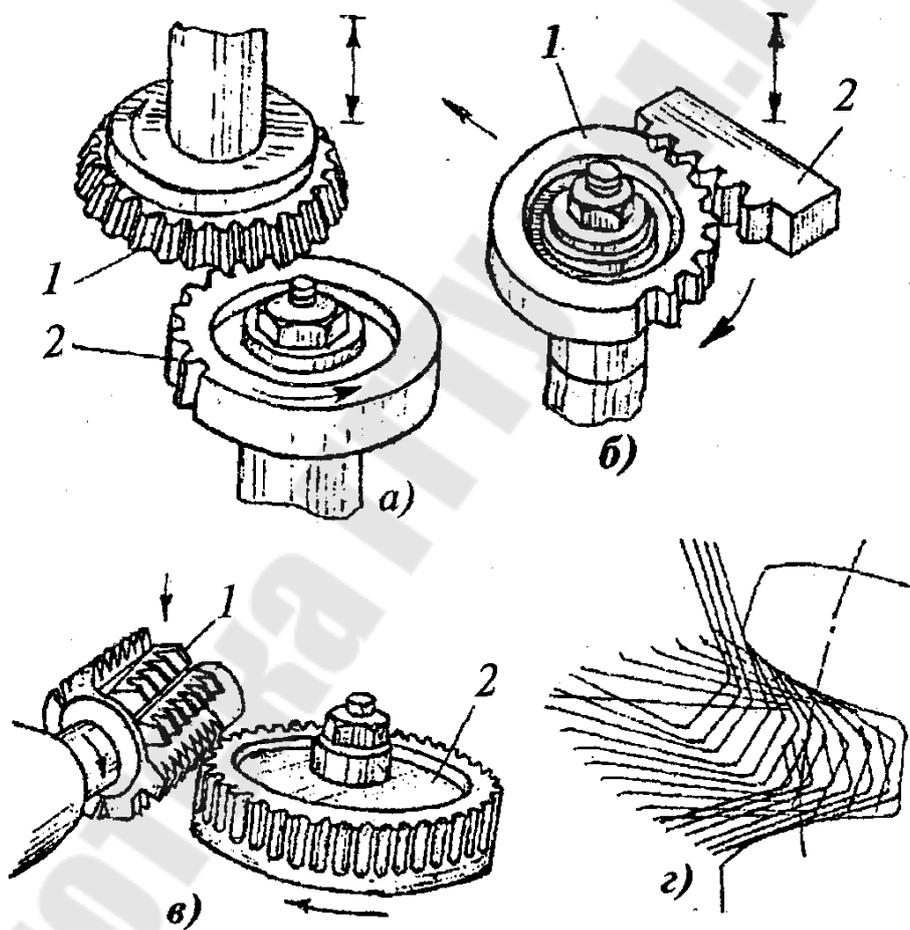


Рисунок 11.2 – Схема обработки зубьев методом обката

В зубодолбежном станке долбяк и заготовка воспроизводят зацепление цилиндрических колес. Если бы заготовка была достаточно пластичной в ней можно было выдавливать впадины, прокатив по окружности твердое колесо (инструмент). В станке движение обката (согласованное движение долбяка и заготовки) является сложным формообразующим движением. Оно служит для создания формы зуба

в поперечном сечении эвольвенты. Чтобы удалить материал из впадины обрабатываемого колеса, на торце долбяка по всему контуру создают режущие кромки, а долбяку сообщают возвратно-поступательное движение, которое является также формообразующим движением и служит для получения формы зуба по длине. Долбяком можно нарезать зубчатую рейку. Для этого движение, образующее профиль зуба, должно состоять из вращения долбяка и согласованного с ним прямолинейного движения рейки. Можно режущей рейкой (гребенкой) нарезать цилиндрическое колесо.

В зубофрезерном станке инструмент и заготовка образуют пару, подобно червячной передаче. Если провести секущую плоскость через ось червяка перпендикулярно оси червячного колеса, то в сечении червяка получается профиль зубчатой рейки. При вращении червяка эта рейка сдвигается вдоль его оси, обкатываясь с зубьями колеса. Такой же обкат имеет место в зубофрезерном станке, где червячная фреза вращается с заготовкой (сложное формообразующее движение).

При обработке червячного колеса достаточно углубиться фрезой на полную высоту зуба, чтобы получилась его форма по длине. При нарезании цилиндрического колеса необходимо еще формообразующее движение вдоль зуба. Если зуб зубчатого колеса прямой, то это движение простое. У косозубого колеса зуб винтовой, поэтому для его образования, требуется сложное движение, состоящее из перемещения червячной фрезы вдоль оси колеса и доворота самого колеса. При нарезании конических колес заготовка обкатывается с воображаемым плоским производящим колесом. Метод обката отличается высокой производительностью и точностью. Преимущество метода обката - универсальность режущего инструмента: при одном модуле одним инструментом теоретически можно нарезать колеса с разным числом зубьев.

11.1. Зубодолбёжные станки

Зубодолбёжные станки обрабатывают зубья зубчатых колёс по методу обката. В зубодолбёжных станках в качестве режущего инструмента используются зуборезные долбяки.

Зубодолбёжный станок модели 5107 предназначен для нарезания цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями, как наружного, так и внутреннего зацепления в условиях индивидуального и главным образом серийного производства. Станок приспособлен для

нарезания блоков шестерен. При наличии дополнительных приспособлений на станке можно также нарезать рейки. Станок может быть использован для чернового и чистового нарезания зубьев.

Технические характеристики станка

- наибольший модуль нарезаемых зубчатых колёс, мм 1;
- наибольший наружный диаметр нарезаемых колёс, мм 75;
- наибольший наружный диаметр изделия при нарезании зубьев внутреннего зацепления, мм 100;
- наибольшая ширина обработки зубчатых колёс, мм 20;
- наибольший ход долбяка, мм 25;
- наибольший отход инструмента от заготовки во время обратного хода, мм 0,07;
- частоты двойных ходов долбяка, мин 400; 700; 1200; 2000;
- пределы круговых подач долбяка, мм/дв. ход 0,012-0,41;

Основные узлы станка (рисунок 11.3): нижняя часть станины; делительная гитара; верхняя часть станины; кривошипно-шатунный механизм привода шпинделя с долбяком; шпиндельная головка; механизм радиальной подачи шпиндельной головки; стол.

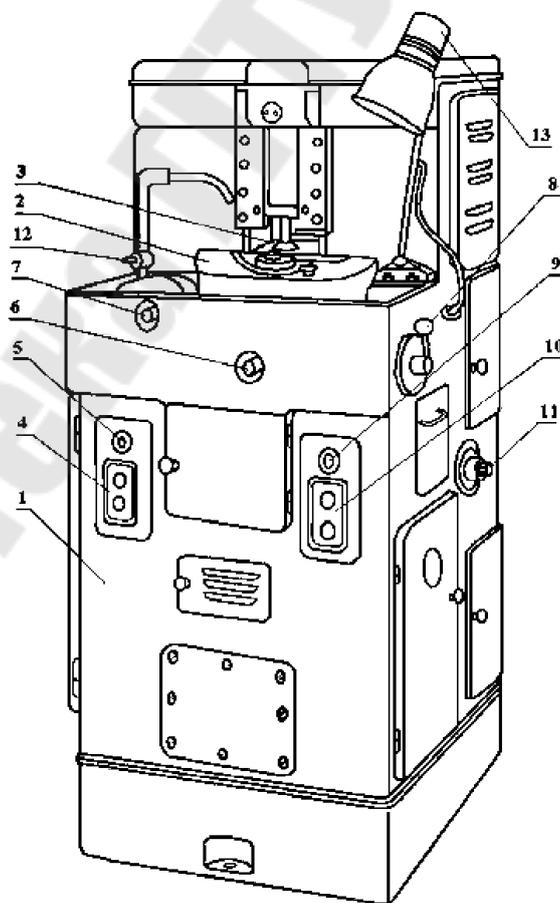


Рисунок 11.3 – Общий вид зубодолбежного станка

Движения в станке. Движение резания — прямолинейное возвратно-поступательное движение шпинделя станка с долбяком. Движения подачи — вращение долбяка относительно своей оси (круговая подача) и радиальное перемещение шпиндельной головки в период врезания (радиальная подача). Движением деления и обкатки является согласованное движение стола станка с заготовкой и шпинделя с инструментом. Вспомогательные движения — отвод стола с заготовкой от долбяка в момент его обратного хода и быстрое установочное вращение стола с заготовкой. К вспомогательным движениям следует отнести также движение счетного механизма для автоматического выключения станка.

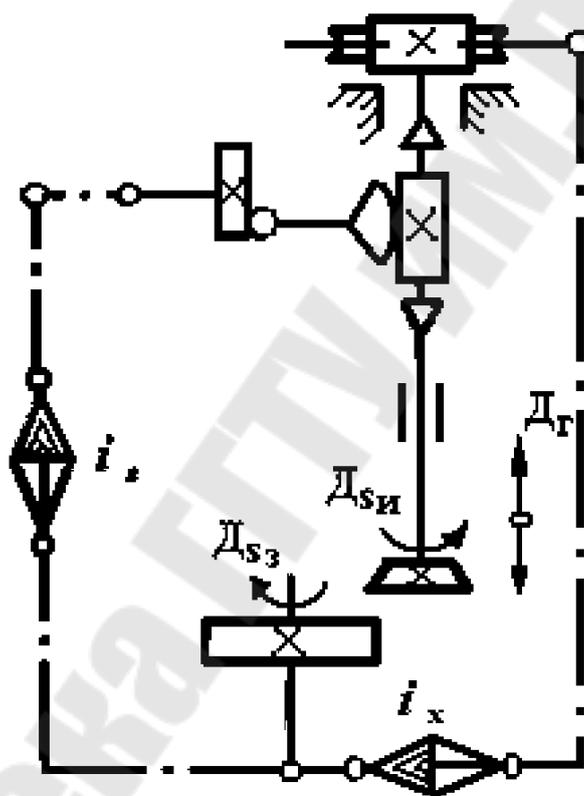


Рисунок 11.4 – Структурная схема зубодолбежного станка

Кинематика станка (рисунок 11.5). Привод главного движения состоит из электродвигателя М, ременной передачи с четырёхступенчатыми шкивами, кривошипно-шатунного и реечного механизма.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – долбяк.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n дв. ход/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} = n_{шпн.}$$

Под круговой подачей понимается длина дуги поворота долбяка по делительной окружности за один двойной ход долбяка. Привод движения круговой подачи состоит из шпиндельного вала, ременной передачи, червячной передачи, гитары сменных колёс а-в, цепной передачи и постоянных зубчатых передач.

Конечные звенья цепи движения круговой подачи: шпиндель с долбяком и штоссель с долбяком.

Расчетное перемещение цепи движения круговой подачи:

$$1 \text{ дв. ход долбяка} \rightarrow S_{\text{круговое шпинделя.}}$$

Уравнение кинематического баланса цепи движения круговой подачи в общем виде:

$$1 \cdot i_{pn} \cdot i_{чп} \cdot i_2 \cdot i_{чп} \cdot i_{шпн.} = S_{\text{кр.шпн.}}$$

$$\text{где } i_2 = \frac{a}{b}.$$

Привод движения обката и деления состоит из постоянных передач, гитары сменных колёс а₁-b₁-с₁-d₁-e₁-f₁, которые связывают вращение шпинделя с инструментом и вращение стола станка с заготовкой.

Конечные звенья цепи движения деления и обката: шпиндель с долбяком – стол с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи движения деления и обката:

$$n \text{ об/мин шпинделя} \rightarrow n \text{ стола с заготовкой.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи движения деления и обката в общем виде:

$$n_{шпн.} \cdot i_{чп} \cdot i_{шпн.} \cdot i_2 \cdot i_{шпн.} \cdot i_{чп} = n_{\text{стола}}$$

$$\text{где } i_2 = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{e_1}{f_1}.$$

Принцип работы станка. Станок зубодолбёжный работает по методу обката, воспроизводя зацепление двух цилиндрических колёс, одно из которых является режущим инструментом (долбяком), а второе заготовкой. Долбяк закрепляется на конец шпинделя и получает прямолинейное возвратно-поступательное движение. При движении вниз долбяк совершает рабочий ход, снимая стружку с заготовки. Обратный ход долбяка является холостым; в это время стол с заготовкой отводится на небольшое расстояние от долбяка.

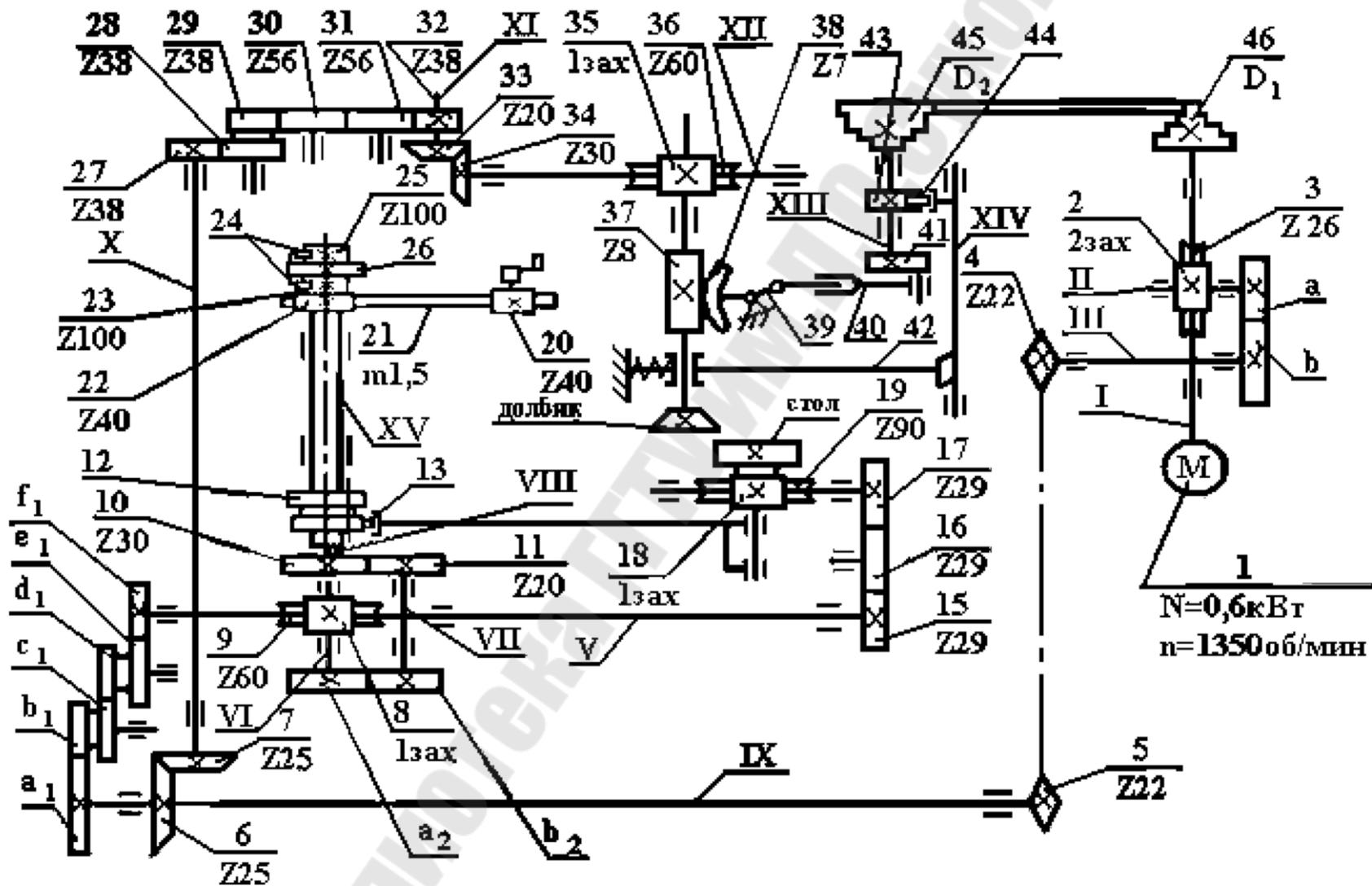


Рисунок 11.5 – Кинематическая схема зубодолбежного станка

К моменту начала рабочего хода стол возвращается в исходное положение. Обрабатываемая деталь или комплект одновременно обрабатываемых деталей устанавливается на оправке в шпинделе стола. Соотношение чисел оборотов долбяка и заготовки обратно пропорционально отношению чисел их зубьев, т. е. они вращаются так, как будто действительно находятся в зацеплении.

До начала обработки долбяк подводится вплотную к наружной поверхности заготовки. После этого включается радиальная подача шпиндельной головки для обеспечения врезания долбяка в заготовку на требуемую глубину. По окончании врезания радиальная подача прекращается, и заготовка в течение полного оборота нарезается только с круговой подачей.

В зависимости от величины модуля нарезаемого колеса его обработка осуществляется в один, два и три прохода. При многопроходной обработке процесс нарезания повторяется перед каждым проходом.

При нарезании зубчатых колес с косыми зубьями используют винтовые направляющие и косозубые долбяки. В этом случае долбяк совершает возвратно-винтовое движение в соответствии с углом наклона зубьев нарезаемого колеса. Направление наклона зубьев долбяка должно быть противоположным направлению наклона зубьев нарезаемого колеса.

Станок работает по полуавтоматическому циклу, для чего служит специальный храповой счетный механизм, обеспечивающий автоматическое выключение станка по окончании нарезания зубчатого колеса.

11.2. Зубофрезерные станки

Зубофрезерные станки нарезают зубья зубчатых колёс по методу обката. В качестве режущего инструмента используются модульные червячные фрезы.

Зубофрезерный станок модели 5312 предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями и цилиндрических зубчатых колёс с косыми зубьями и для нарезания червячных колёс методом радиальной подачи и методом тангенциальной подачи.

При наличии специальных приспособлений на станке возможно нарезание шестерен внутреннего зацепления.

На рисунке 11.6 показана структурная схема зубофрезерного станка.

Техническая характеристика станка

- наибольший модуль нарезаемых зубчатых колес, мм 6;
- наибольший диаметр нарезаемых колёс с прямым зубом, мм 320;
- наибольшая ширина нарезаемых колес, мм 180;
- наибольший диаметр фрезы, мм 160;
- осевое перемещение фрезы, мм 55;
- радиальная подача, мм/мин 3-50;
- пределы частот вращения шпинделя фрезы, об/мин 105-650;
- наибольший наружный диаметр нарезаемых зубчатых колёс с косым зубом, мм 200;
- наибольшее перемещение стола при нарезании колёс, мм:
 - с прямым зубом 200;
 - с косым зубом 150;
- перемещение фрезерной каретки, мм 200.

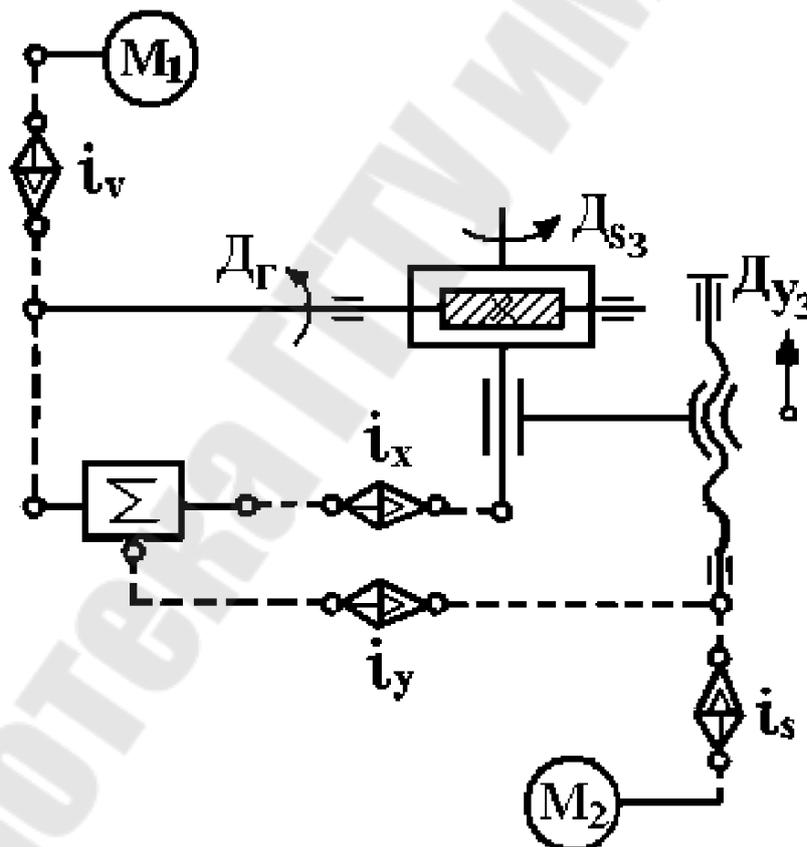


Рисунок 11.6 – Структурная схема зубофрезерного станка

Основные узлы зубофрезерного станка (рисунок 11.7, 11.8): станина; стол; стойка; поддерживающий кронштейн; поперечина; фрезерный суппорт; протяжной суппорт; подвижная стойка; гитары дифференциала и подачи; делительная гитара.

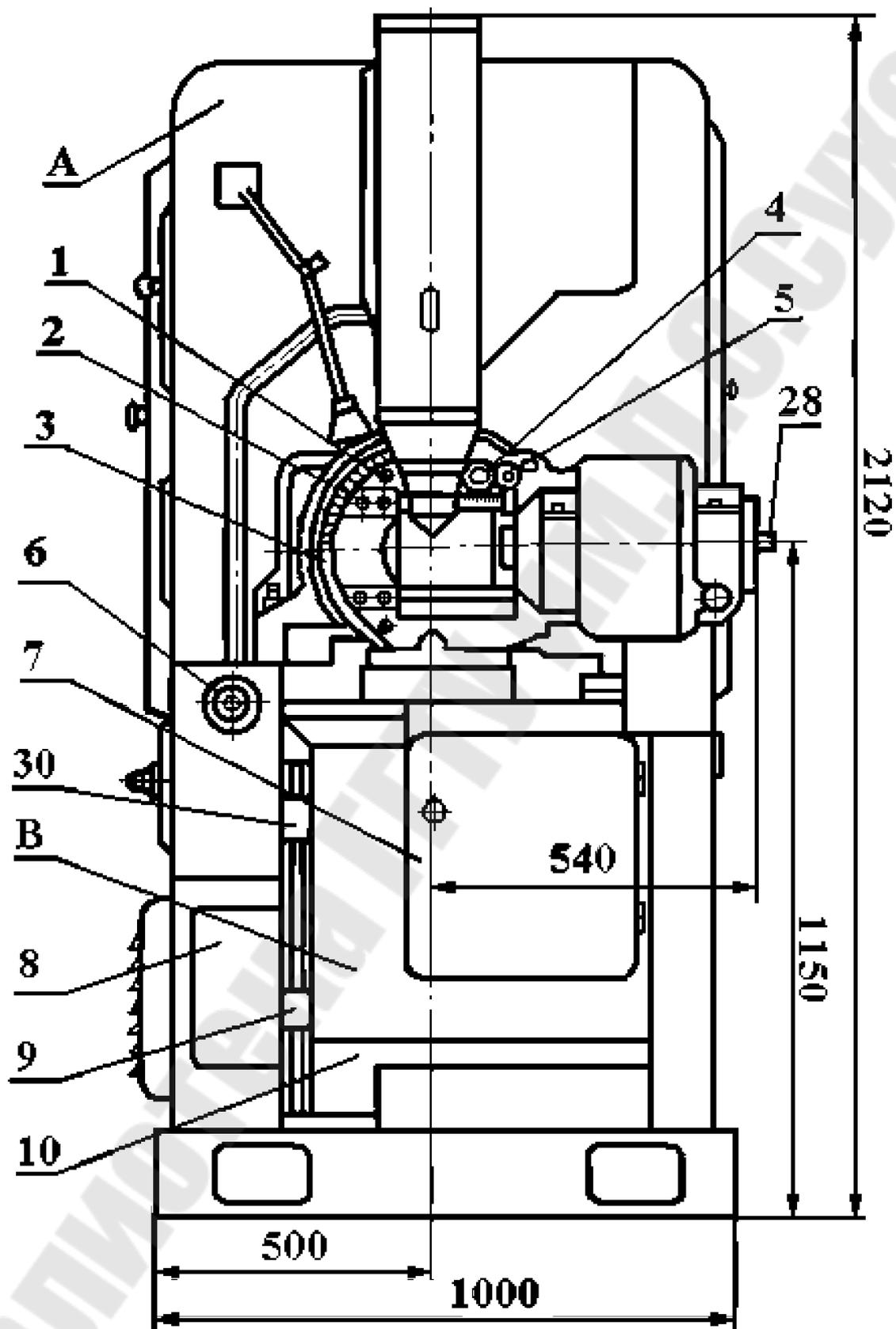


Рисунок 11.7 – Общий вид зубофрезерного станка (вид спереди)

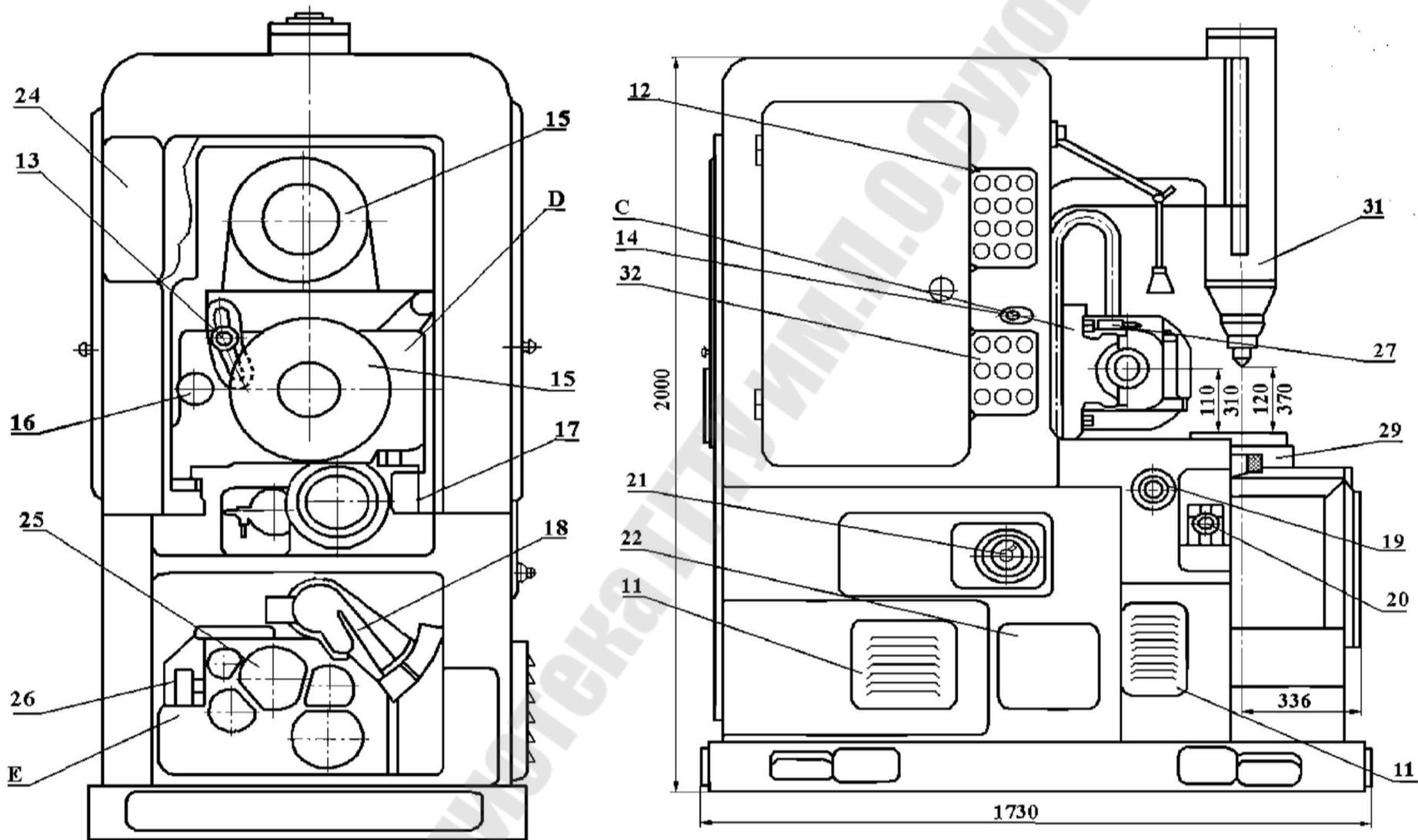


Рисунок 11.8 – Общий вид зубофрезерного станка (вид сбоку и сзади)

Движения в станке. Движение резания – вращение шпинделя с червячной фрезой. Движения подач – вертикальное перемещение фрезерного суппорта, радиальное перемещение подвижной стойки, тангенциальное перемещение протяжного суппорта. Движением обкатки и деления является непрерывное вращение стола с заготовкой, согласованное с вращением шпинделя станка с инструментом. Дифференциальное движение – дополнительное вращение стола с заготовкой, связанное с перемещением фрезерного суппорта. Вспомогательные движения — быстрые механические и ручные установочные перемещения фрезерного суппорта и подвижной стойки.

Кинематика станка (рисунок 11.9). Привод главного движения состоит из двигателя М1, ременной передачи со сменными шкивами, постоянной конической передачи, цилиндрической передачи и шпиндельного узла.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель с инструментом.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{кп} \cdot i_{цп} = n_{шпн.}$$

Привод движения подачи состоит из отдельного электродвигателя М2, ременной передачи, червячной передача, гитара подач a_1 - b_1 - c_1 - d_1 , цилиндрической постоянной передачи, червячной передачи и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения подачи фрезерного суппорта станка: электродвигатель – фрезерный суппорт с инструментом.

Расчетное перемещение цепи движения подачи фрезерного суппорта станка:

n об/мин эл. дв. → S мм/мин фрезерного суппорта.

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи фрезерного суппорта в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{цп} \cdot i_2 \cdot i_{цп} \cdot i_{цп} \cdot t_{хв} = S,$$

где $i_2 = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$.

Привод движения обката и деления состоит из вала после ременной передачи привода главного движения, цилиндрических по-

стоянных передач, конического дифференциала, постоянных конических передач, гитары сменных зубчатых колёс a-b-c-d, червячной передачи, стола станка с заготовкой.

Конечные звенья цепи движения обката и деления станка: шпиндель с фрезой – стол станка с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи движения обката и деления станка: n об/мин шпинделя $\rightarrow n$ об/мин стола с заготовкой.

Уравнение кинематического баланса цепи движения обката и деления в общем виде:

$$n_{шпн} \cdot i_{шпн} \cdot i_{диф} \cdot i_z \cdot i_{чп} = n_{ст.},$$

где $i_z = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$.

При нарезании косозубых колёс используется дифференциальное движение, привод которого связывает перемещение фрезерного суппорта с дополнительным вращением стола с заготовкой. Привод соответственно состоит из передачи винт-гайка, постоянных передач, гитары дифференциала a_2 - b_2 - c_2 - d_2 , постоянных передач, корпуса дифференциала и заканчивается столом станка.

Конечные звенья цепи дифференциального движения станка: передача винт-гайка – стол станка с заготовкой.

Расчетное перемещение цепи дифференциального движения станка:

$$t \text{ мм} \rightarrow n \text{ об/мин стола с заготовкой.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи дифференциального движения в общем виде:

$$t_{хв} \cdot i_{шпн} \cdot i_z \cdot i_{шпн} = n_{ст.дон.},$$

где $i_z = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2}$.

Принцип работы станка. Станок работает по методу обкатки, т. е. механического воспроизводства зацепления червяка (червячной фрезы) с колесом (заготовкой). Червячная фреза соответствующего модуля и диаметра закрепляется на оправке в шпинделе фрезерного суппорта.

Обрабатываемая деталь или комплект одновременно обрабатываемых деталей устанавливается на оправке в шпинделе стола, а при больших размерах колес — непосредственно на столе станка.

Червячной фрезе и заготовке принудительно сообщают враща-

При нарезании колес с прямыми зубьями ось шпинделя фрезерного суппорта устанавливается под углом к горизонтальной плоскости, равным углу подъема винтовой линии червячной фрезы. Для нарезания колес с косыми зубьями ось шпинделя фрезерной бабки устанавливается под углом, равным сумме или разности углов наклона зубьев колеса и подъема винтовой линии фрезы в зависимости от сочетания направлений винтовых линий зубьев и витков фрезы.

Нарезание цилиндрических колес производится с вертикальной подачей фрезерного суппорта.

Для обеспечения возможности фрезерования колес попутным методом на станке предусмотрено нагрузочное гидравлическое устройство.

Гидравлическое поджимное устройство состоит из неподвижного штока с поршнем и цилиндра, связанного с салазками фрезерного суппорта. При фрезеровании попутным методом масло подводится в верхнюю полость цилиндра противовеса и поджимает противовес вместе с фрезерным суппортом вверх, устраняя возможность произвольного перемещения фрезерной бабки под действием усилия в пределах зазора между резьбой винта вертикальной подачи и маточной гайки.

При нарезании червячных колес методом радиальной подачи используются цилиндрические червячные фрезы. Движение подачи сообщают подвижной стойке в радиальном направлении до тех пор, пока расстояние между осями фрезы и заготовками не станет равным межцентровому расстоянию передачи.

В случае нарезания червячных колес методом тангенциальной подачи применяются червячные фрезы с конической заборной частью, которые при настройке станка устанавливают сразу на заданное межцентровое расстояние; подачу при этом сообщают протяжному суппорту с червячной фрезой вдоль ее оси. Этот метод нарезания является более точным.

11.3. Зубострогальные станки

Зубострогальные станки производят обработку конических зубчатых колёс зубострогальными резцами.

Зубострогальный станок модели 526 предназначен для чернового и чистового нарезания прямозубых конических колес в условиях индивидуального и серийного производства.

на один или два зуба, механический отвод салазок бабки изделия, вращение барабана управления и ручное установочное перемещение салазок бабки изделия.

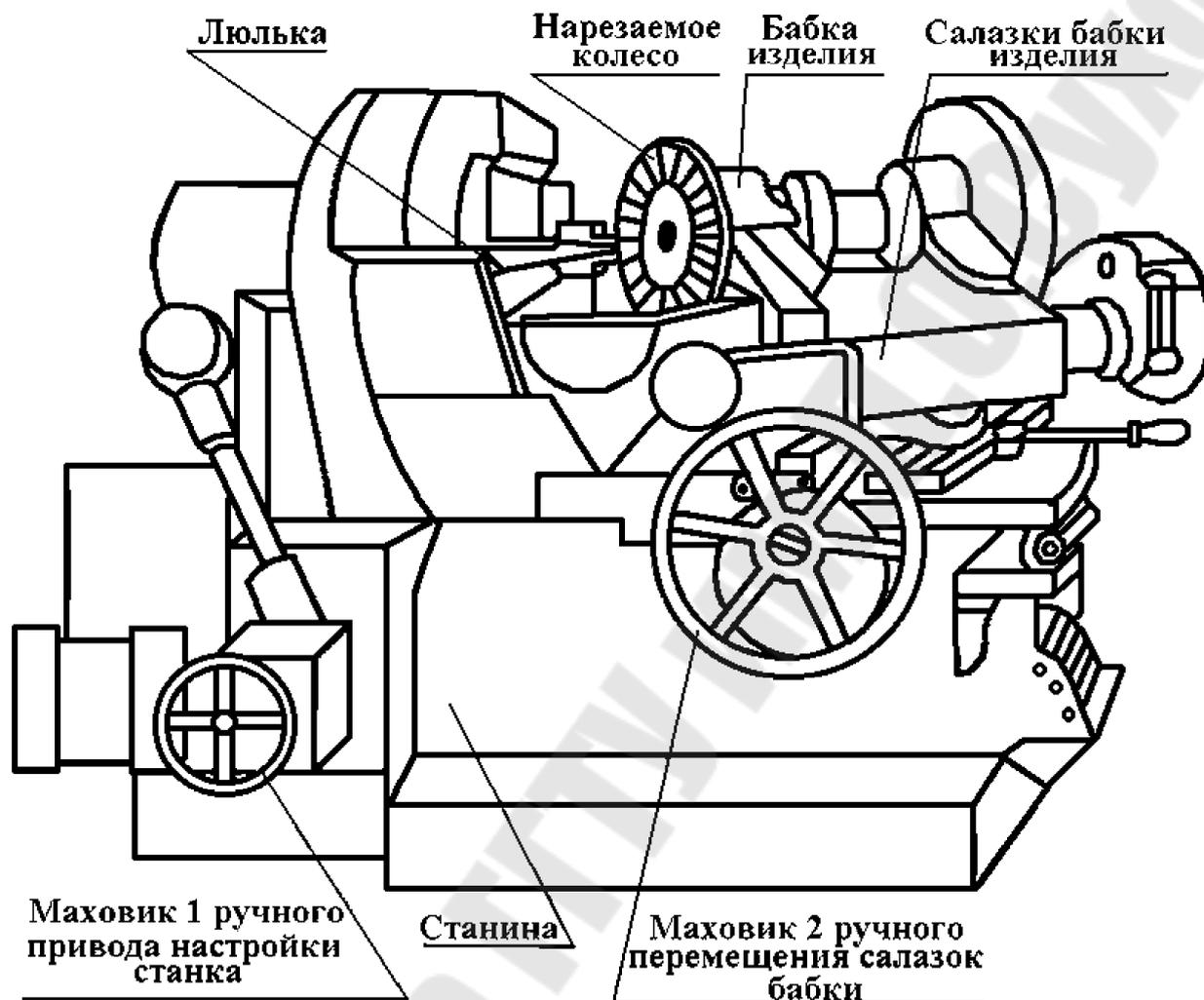


Рисунок 11.11 – Общий вид зубострогального станка

Кинематика станка (рисунок 11.12). Привод главного движения состоит из электродвигателя, постоянной передачи, гитары сменных колёс А-В, кривошипного диска Д1 с кривошипным пальцем. Далее с помощью шатуна приводится в движение диск Д2 с двумя кривошипными пальцами, связанными шатунами с ползунами люльки.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – ползуны с резцами.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n дв. ходов ползунов.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_2 \cdot i_{nn} = n_{дв.ходов},$$

где $i_z = \frac{A}{B}$.

Привод движения подачи начинает движение от вала электродвигателя, далее через гитару a_1 - b_1 - c_1 - d_1 , постоянные передачи, реверсивный механизм, колёса e - f угла поворота люльки, цилиндрическую, коническую и червячную передачи движение передаётся на люльку с ползунами и резцами.

Конечные звенья цепи движения подачи станка: электродвигатель – люлька с ползунами и с резцами.

Расчетное перемещение цепи движения подачи станка:

$$n \text{ об/мин эл. дв.} \rightarrow n \text{ дв. качаний люльки.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи в общем виде:

$$n_{\text{дв}} \cdot i_{nn} \cdot i_z \cdot i_{pm} \cdot i_{nn} = n_{\text{дв.кач.}},$$

где $i_z = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$.

Привод делительного поворота состоит из барабан B_1 , муфты, корпуса дифференциала, конической передачи, телескопического вала, гитары сменных колёс a_2 - b_2 - c_2 - d_2 делительной гитары, конической и червячной передачи.

Конечные звенья цепи движения делительного поворота шпинделя бабки изделия станка: корпус дифференциала – заготовка.

Расчетное перемещение цепи движения подачи станка:

$$1 \text{ оборот корпуса дифференциала} \rightarrow n \text{ заготовки.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи движения делительного поворота шпинделя бабки изделия в общем виде:

$$1_{\text{об.корпуса}} \cdot i_{nn} \cdot i_{zd} \cdot i_{nn} = n_{\text{заготовки}},$$

где $i_{zd} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2}$.

Привод движения обкатки связывает вращение люльки с вращением нарезаемого колеса так, чтобы при повороте люльки на 1 зуб воображаемого производящего колеса заготовка также повернулась на 1 зуб. Настраивается гитара a - b - c - d .

Конечные звенья цепи движения обката станка: люлька станка – заготовка.

Расчетное перемещение цепи движения подачи станка:

$$n \text{ качаний люльки} \rightarrow n \text{ заготовки.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи движения обката в общем виде:

$$n \cdot i_{nn} \cdot i_e \cdot i_{nn} \cdot i_{2d} \cdot i_{nn} = n_{заготовки},$$

где $i_e = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$.

Цепь качания люльки (величина угла обката). Назначением гитары величины обката является установление угла поворота люльки с резцами (вниз-вверх). Угол качания люльки складывается из двух составляющих:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2,$$

где λ_1 - угол качания люльки вниз от нуля (ниже центра), т.е. угол поворота люльки, необходимый для обкатки одного зуба нарезаемого колеса; λ_2 - угол качания люльки вверх от нуля (выше центра).

При угле зацепления $\alpha = 20^\circ$ угол качания λ_1 рассчитывается следующим образом:

$$\lambda_1 = \left(\frac{355,3 \cdot \frac{h''}{m} + 90}{Z_1} - 0,8 \right) \cdot \sin \varphi_1,$$

где $h'' = 1,25 \cdot m$ - высота ножки зуба нарезаемого колеса, мм; m - модуль нарезаемого колеса, мм; Z_1 - число зубьев нарезаемого колеса; φ_1 - половина угла начального конуса нарезаемого колеса, град.

$$\lambda_2 = 1,85\lambda_1.$$

Полный угол поворота планшайбы, т.е. угол обката равен:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = 2,85\lambda_1.$$

В течение цикла обработки зуба планшайба должна совершить прямое и обратное движения, составляющие в сумме угол 2λ . Эти движения происходят за период одного оборота барабана B_1 , в связи с этим конечными звеньями цепи угла обката будут: барабан B_1 - планшайба с резцами.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об. бараб. } B_1 \cdot i_{nn} \cdot i_{pm} \cdot K \cdot \frac{e}{f} \cdot i_{nn} \cdot 360^\circ = 2\lambda,$$

где $K = \frac{46}{51}$ - коэффициент, учитывающий потерю оборотов реверсивного механизма.

$$\text{Отсюда: } \frac{e}{f} = \frac{\lambda}{23}.$$

Подбор сменных зубчатых колёс e и f производится в зависимости от угла λ .

Принцип работы станка. Работа станка основана на механическом воспроизводстве зацепления сопряженных конических зубчатых колес, одно из которых является воображаемым производящим колесом с прямобочным профилем зуба, подобным зубьям рейки.

Режущими инструментами служат два резца с прямолинейными режущими кромками, воспроизводящие боковые грани двух соседних зубьев воображаемого производящего колеса.

Резцы закрепляются на ползунах и совершают возвратно-поступательное движение. Когда один из резцов совершает рабочий ход, второй двигается вхолостую. Поворотные направляющие ползунов устанавливаются в соответствии с углом зуба.

Обрабатываемая деталь закрепляется на шпинделе бабки изделия, которую поворачивают так, чтобы образующая конуса впадины была параллельна плоскости, в которой расположены линии движения вершин резцов, и перемещают вдоль оси до совпадения вершин конусов нарезаемого колеса и производящего колеса. В процессе обработки заготовке сообщается обкаточное движение, строго согласованное с возвратно-вращательным движением люльки.

При поворотном движении люльки с резцами вниз происходит полуступенчатая обработка зуба с оставлением небольшого припуска (0,5—0,8 мм), который снимается во время чистового прохода при поворотном движении люльки вверх.

По окончании обработки каждого зуба салазки с заготовкой отводятся от резцов, после чего заготовке сообщается делительный поворот.

Для этой цели в станке предусмотрен дифференциальный механизм. Начало процесса деления совпадает с моментом подхода люльки с резцами вверх, конец деления происходит в момент, когда люлька начинает двигаться вниз. По окончании делительного поворота салазки с заготовкой подводятся к резцам, и цикл работы повторяется.

Подвод и отвод салазок с заготовкой осуществляется специальным барабаном отвода салазок и кулисой. Для реверсирования поворота люльки с резцами и включения дифференциала в станке предусмотрен барабан управления.

Процесс нарезания с последующими делительными поворотами

многократно повторяется до окончательной обработки всего зубчатого колеса.

Ручное установочное перемещение салазок бабки изделия осуществляется маховиком через пару шестерен с внутренним зацеплением и реечную передачу.

Станок работает по полуавтоматическому циклу.

Конструктивные особенности. Достоинством станка является простота и жесткость конструкции, что обеспечивает его широкое применение для выполнения тяжелых работ.

Для устранения зазоров, возникающих в зубчатых колесах при реверсировании кинематической цепи и могущих вызвать поворот заготовки относительно резцов, в станке предусмотрено наличие уравнительной муфты.

11.4. Зуборезные станки

Зуборезный полуавтомат модели 525 предназначен для чистового и чернового нарезания конических зубчатых колес с круговыми зубьями, гипоидных колес и шестерен полуобкатных передач на скоростных режимах с высокой степенью точности обработки.

Наиболее целесообразно применение станка в условиях массового и серийного производства.

Техническая характеристика станка

- наибольший диаметр обрабатываемых колёс в мм 500;
- наибольший модуль обрабатываемых колёс в мм 10;
- наибольшая ширина обрабатываемых колёс в мм 65;
- пределы чисел зубьев нарезаемых колёс 4 – 100;
- наибольшее передаточное отношение нарезаемых колёс 10:1;
- угол делительного конуса:
 - наибольший 84° ;
 - наименьший $5^{\circ}30'$;
- наибольшая длина образующей начального конуса в мм 250;
- диаметр резцовой головки:
 - наименьший 150;
 - наибольший 300;
- пределы чисел оборотов инструментального шпинделя в об/мин 25 – 325;
- мощность электродвигателя в кВт 4,5.

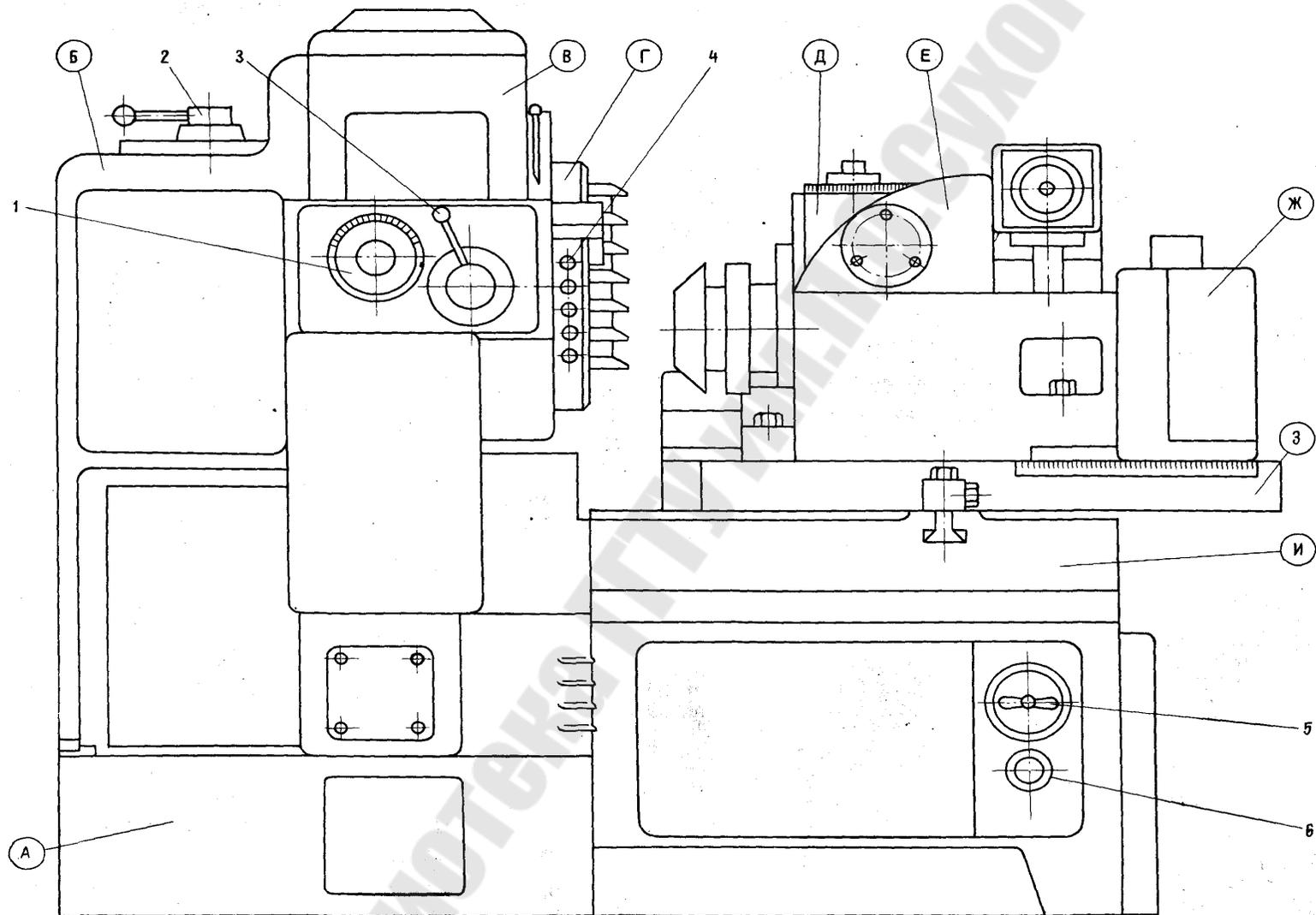


Рисунок 11.13 – Общий вид зуборезного станка

Основные узлы станка (рисунок 11.13): основание станины; приводная коробка; стойка станины; обкатная люлька; вертикальный суппорт; бабка изделия; сменные колеса гитары деления; поворотная плита; стол.

Движения в станке. Движением резания является вращение шпинделя станка с резцовой головкой. Движение подачи — перемещение бабки с изделием в направлении резцовой головки. Движением обкатки и деления является медленное вращение обрабатываемой заготовки и поворот обкатной люльки со шпинделем резцовой головки. Механический отвод салазок бабки изделия является вспомогательным движением.

Кинематика станка (рисунок 11.14). Привод главного движения: электродвигатель, постоянные передачи, сменные колёса a-b-c-d гитары скоростей, постоянные передачи, шпиндель станка с инструментом.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_z \cdot i_{nn} = n_{шп.станка},$$

где $i_z = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$.

Привод движения подачи: вал от электродвигателя, гитара сменных колёс подачи a₁-b₁-c₁-d₁, постоянные передачи, барабан.

Конечные звенья цепи движения подачи станка: электродвигатель – вал с барабаном.

Расчетное перемещение цепи движения подачи станка:

n об/мин эл. дв. → n вала барабана.

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_z \cdot i_{nn} = n_{барабана},$$

где $i_z = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$.

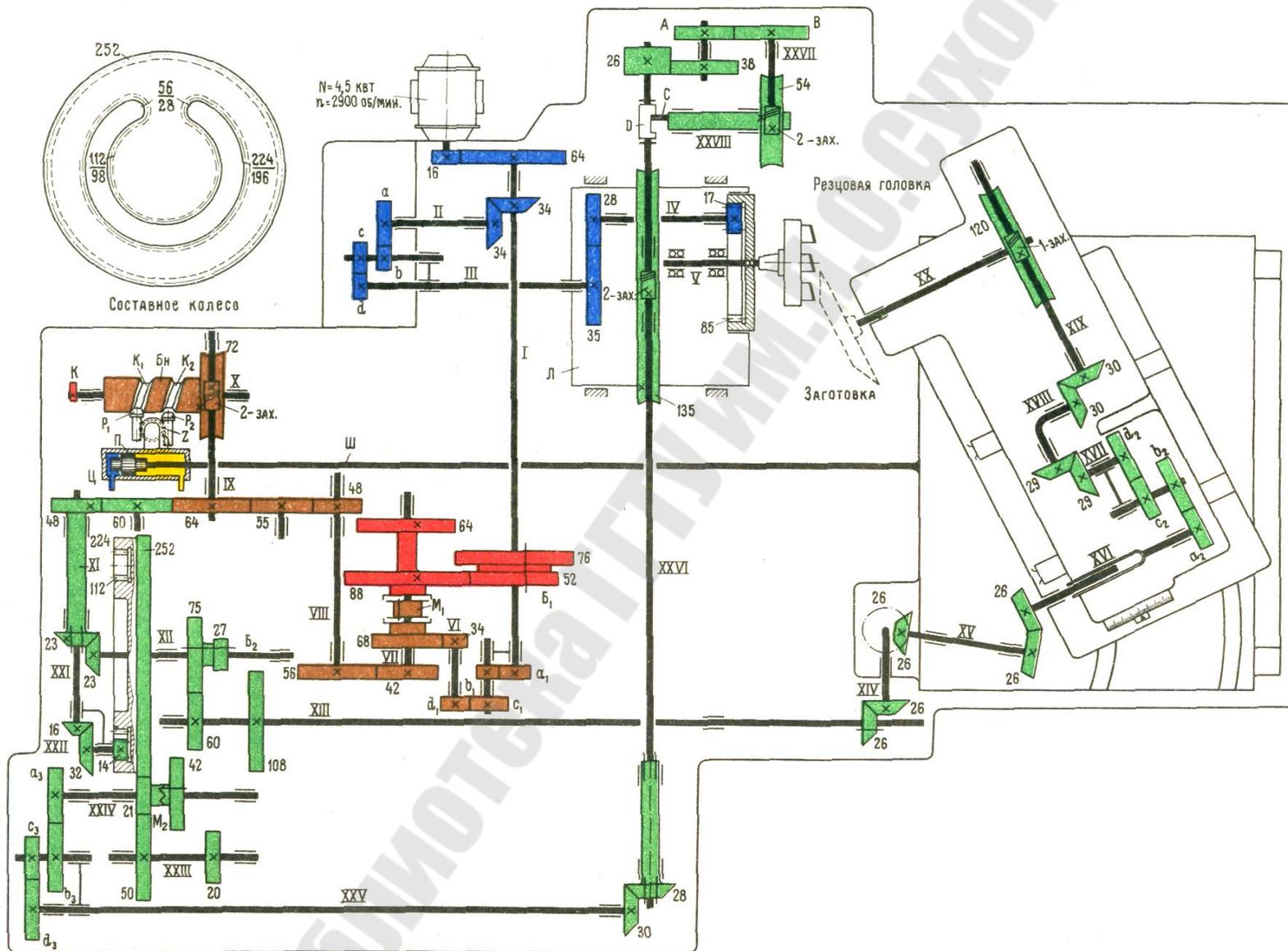


Рисунок 11.14 – Кинематическая схема зуборезного станка

Привод движения обкатки: вал привода подач, постоянные передачи, гитара обката a_2 - b_2 - c_2 - d_2 , постоянные передачи, шпиндель бабки изделия.

Конечные звенья цепи движения обката станка: вал привода подач – заготовка.

Расчетное перемещение цепи движения обката станка:
 n вала IX \rightarrow n заготовки.

Уравнение кинематического баланса цепи движения обката в общем виде:

$$n_{IX} \cdot i_{nn} \cdot i_2 \cdot i_{nn} = n_{\text{барабанс}},$$

$$\text{где } i_2 = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2}.$$

Привод медленного вращения обкатной люльки: вал привода подач, постоянные передачи, гитара a_3 - b_3 - c_3 - d_3 , постоянные передачи, вращение люльки.

Конечные звенья цепи движения обкатной люльки станка: вал привода подач – люлька.

Расчетное перемещение цепи движения обкатной люльки станка:

n вала IX \rightarrow n люльки.

Уравнение кинематического баланса цепи движения обкатной люльки в общем виде:

$$n_{IX} \cdot i_{nn} \cdot i_2 \cdot i_{nn} = n_{\text{люльки}},$$

$$\text{где } i_2 = \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3}.$$

Принцип работы станка. Станок работает как по методу обкатки, так и по методу врезания.

Черновое нарезание зубьев производят методом врезания, при котором образование зубьев осуществляется путем постепенного приближения заготовки к инструменту. В этом случае величина обкатки берется очень малой, необходимой только для того, чтобы после каждого цикла инструмент попадал в соседнюю впадину. Быстрый подвод стола заменяется медленной рабочей подачей, при которой режущий инструмент (резцовая головка) постепенно врезается в заготовку. По достижении полной глубины впадины стол быстро отводится и обкатная люлька поворачивается в обратную сторону.

Метод обкатки используется при чистовом нарезании. При этом

необходимо наличие двух движений; движения резания и движения обкатки. Обкаточное движение продолжается в течение всего времени, необходимого для обработки одной впадины. После этого заготовка отводится от инструмента, а люлька, несущая резцовую головку с инструментом, быстро поворачивается в обратном направлении до исходного положения. Заготовка при этом продолжает вращаться в ту же сторону, что и во время обработки. Благодаря этому за время холостого хода люльки заготовка успевает повернуться на определенное число зубьев.

Для нарезания на заготовке всех зубьев необходимо, чтобы они при каждом цикле поворачивались на целое число зубьев, не имеющее общих множителей с числом зубьев нарезаемого колеса. При несоблюдении этого условия инструмент после каждого цикла не будет попадать в новую впадину.

По окончании обработки всех впадин станок автоматически останавливается.

Наличие механизма модификации обкатки позволяет производить нарезание шестерен для полуобкатных передач, а также шестерен с большой длиной образующей начального конуса.

Конструктивные особенности. Отличительной особенностью является отсутствие реверсирования заготовки, непрерывный процесс деления заготовки и реверсирование обкатной люльки с помощью составного колеса. Время холостого хода не зависит от продолжительности цикла обработки.

Перемещение стола с обрабатываемой заготовкой, крепление заготовки на оправке в шпинделе бабки изделия и переключение фрикционной муфты осуществляются гидроприводом.

11.5. Зубоотделочные станки

Зубошевинговальный станок модели 5715 предназначен для окончательной отделки шевингованием зубьев сырых и улучшенных зубчатых колес с прямыми и винтовыми зубьями, как наружного, так и внутреннего зацепления, в условиях массового и крупносерийного производства. При наличии дополнительной качающейся плиты возможно получение бочкообразных зубьев.

Техническая характеристика станка

- наибольший модуль в мм 8;
- диаметр обрабатываемого колеса в мм:

- наибольший 450;
- наименьший 150;
- наибольшая ширина обрабатываемого колеса в мм 120;
- расстояние между центрами бабок в мм:
 - наибольшее 465;
 - наименьшее 180;
- диаметр шевера в мм 250;
- наибольший угол поворота головки в град 45;
- число скоростей вращения шпинделя 5;
- пределы чисел оборотов шпинделя в минуту 118 – 294;
- количество величин продольных подач стола 8;
- количество двойных ходов стола в минуту:
 - наибольшее 250;
 - наименьшее 50;
- количество величин радиальных подач 4;
- величина радиальной подачи на ход стола в мм:
 - наибольшая 0,08;
 - наименьшая 0,02;
- мощность главного электродвигателя в кВт 2,2.

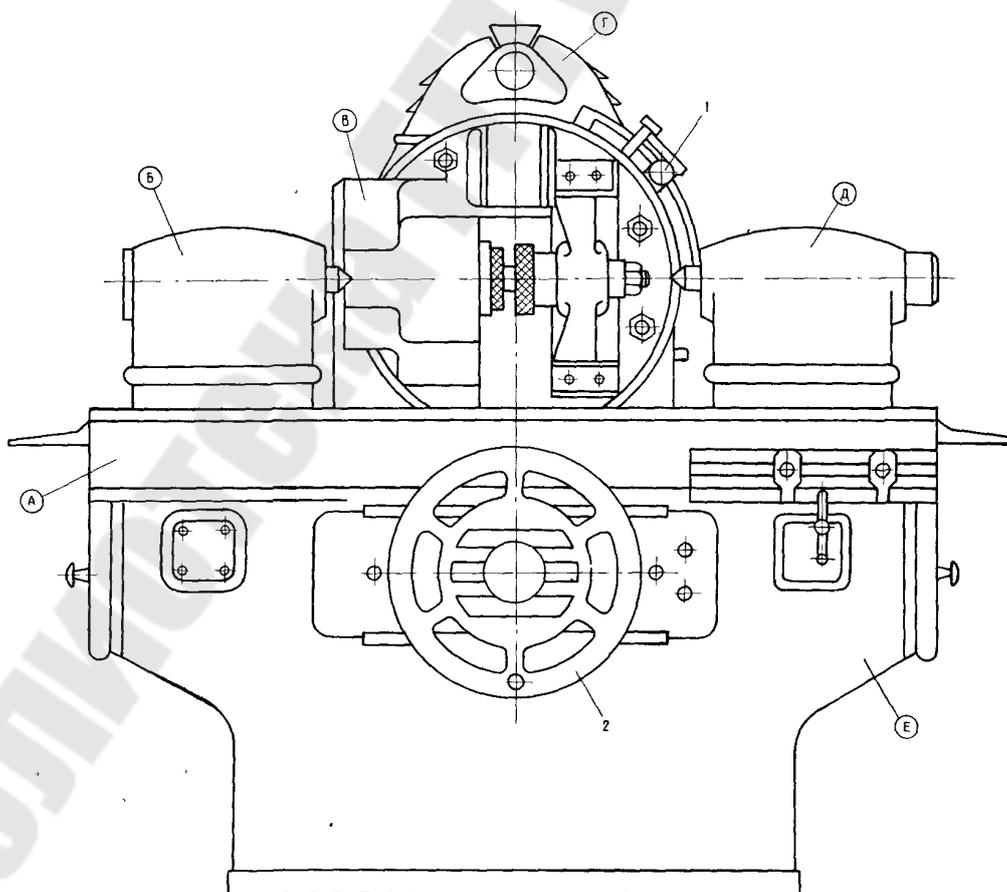


Рисунок 11.15 – Общий вид зубошевинговального станка

Основные узлы станка (рисунок 11.15): стол; бабки изделия; поворотная головка шевера; стойка; станина.

Движения в станке. Движением резания в шевинговальных станках является относительное движение скольжения зубьев шевера и обрабатываемого колеса, величина которого зависит как от скорости вращения шевера, так и от угла между осями шевера и обрабатываемого колеса. Движениями подач являются прямолинейное возвратно-поступательное движение стола с заготовкой вдоль ее оси и периодическое радиальное перемещение стойки с шевером в поперечном направлении. Движение обкатки — свободное вращение шевингуемого колеса. Вспомогательные движения — ручной поворот головки шевера и ручное перемещение стойки.

Кинематика станка (рисунок 11.16). Привод главного движения состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, червячной передачи, постоянной зубчатой передачи, гитары сменных колёс А-В и шпинделя станка с инструментом.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{чп} \cdot i_{пп} \cdot i_z = n_{шп.станка},$$

где $i_z = \frac{A}{B}$.

Привод обката заимствует своё движение от вращения инструмента и передаётся на обрабатываемое колесо.

Привод продольной подачи стола состоит из отдельного электродвигателя, червячной передачи, гитары сменных колёс С-Д, постоянной цилиндрической передачи и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения продольной подачи стола станка: электродвигатель – стол станка.

Расчетное перемещение цепи движения продольной подачи стола станка:

n об/мин эл. дв. → S мм/мин стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения продольной подачи стола станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{чп} \cdot i_2 \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{стола},$$

где $i_2 = \frac{C}{D}$.

Привод периодической радиальной подачи шевера в конце каждого хода стола осуществляется от кулачков, рычажно-храпового механизма и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения радиальной подачи поворотной головки станка с шевером: 1 двойной ход стола станка – поворотная головка с шевером.

Расчетное перемещение цепи движения радиальной подачи поворотной головки станка с шевером:

$$1 \text{ дв. ход} \rightarrow S \text{ мм шевера.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи движения радиальной подачи поворотной головки станка с шевером в общем виде:

$$1_{дв.ход} \cdot i_{хм} \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{шевера}.$$

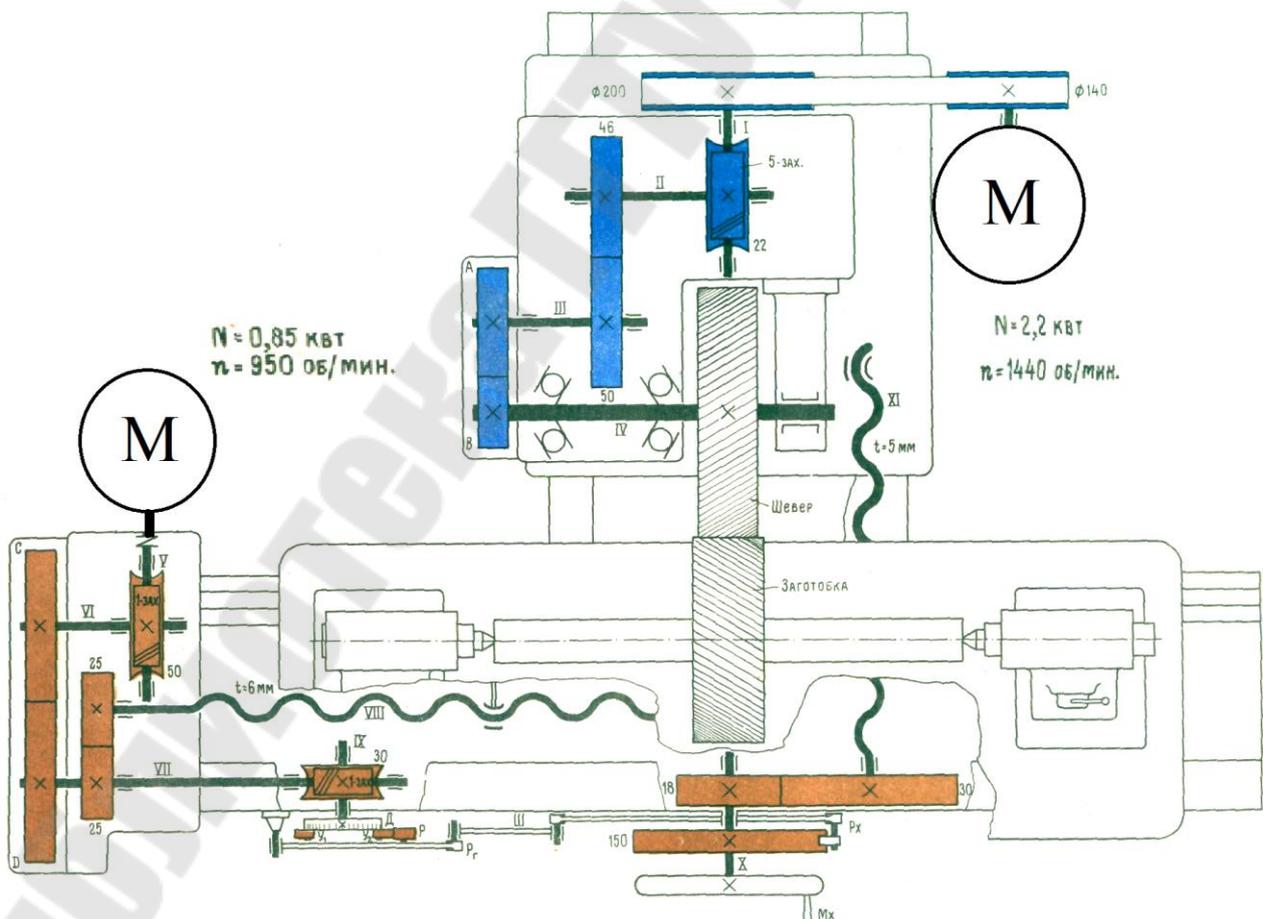


Рисунок 11.16 – Кинематическая схема зубошевинговального станка

Принцип работы станка. Шевер закрепляется на шпинделе поворотной головки, шевингуемое колесо — на оправке в центрах бабок изделия. Поворотная головка шевера устанавливается так, чтобы ось шпинделя составила с осью оправки угол, равный алгебраической сумме углов наклона зубьев шевера и обрабатываемого колеса.

В процессе работы шеверу сообщается принудительное вращение, а обрабатываемое колесо, находящееся с ним в постоянном зацеплении, получает свободное обкатное вращение; при этом вследствие наличия бокового скольжения зубьев происходит снятие тонкой стружки с зубьев заготовки.

Длина хода стола в продольном направлении должна быть немногим больше ширины шевингуемого колеса. Для обеспечения непрерывности обработки в конце каждого хода стойке сообщается радиальное перемещение. После снятия всего припуска на обработку радиальная подача прекращается, а продольная подача стола продолжается еще в течение нескольких проходов для окончательной зачистки и прикатки боковых поверхностей зубьев.

Конструктивные особенности. Станок модели 5715 в отличие от некоторых других моделей является бесконсольным, что повышает точность и чистоту обработки боковых зубьев шевингуемых зубчатых колес.

Радиальная периодическая подача в станке модели 5715 осуществляется перемещением шевинговальной бабки по горизонтальным направляющим станины, имеющей в плане форму буквы Т.

Разворот шевинговальной головки на нужный угол производится относительно горизонтальной оси, расположенной перпендикулярно оси бабок изделия, что создает более благоприятные условия наладки и работы станка.

Шпиндель смонтирован в корпусе поворотной головки шевинговальной бабки на прецизионных радиально-упорных подшипниках, обеспечивающих высокую точность вращения шевера.

11.6. Резьбообрабатывающие станки

Резьбу получают на токарных станках резцами, плашками и другими инструментами, на сверлильных и расточных станках - метчиками, на резьбофрезерных - дисковыми и гребенчатыми фрезами, на резьбошлифовальных одно- и многониточными кругами, на резьбо-накатных - роликами и плашками.

При накатывании резьбы используют метод пластического де-

формирования материала без снятия стружки. Заготовка, прокатываясь между круглыми или плоскими накатными инструментами, сдавливается, на ней отпечатывается необходимая форма профиля.

При фрезеровании инструмент вращается с высокой скоростью (главное движение резания). Для образования винтовой поверхности необходимо сложное формообразующее движение. Оно состоит из медленного вращения заготовки (круговая подача) и согласованного продольного перемещения фрезы (продольная подача). На одних станках дисковой продольной фрезой нарезают резьбу большого шага и на большой длине. На других станках гребенчатыми фрезами обрабатывают сразу по всей длине короткие, мелкие резьбы, причем на части оборота заготовки происходит радиальное углубление (врезание) в нее инструмента на высоту профиля. Затем следует один полный оборот заготовки, в процессе которого каждая нитка фрезы полностью нарезает резьбу на длине одного шага (хода).

При шлифовании резьбы используют однониточные и многониточные абразивные круги. При шлифовании резьбы однониточными кругами его ось вращения устанавливают под углом к оси вращения заготовки, равным углу подъема винтовой линии резьбы. Профиль абразивного круга соответствует профилю впадины шлифуемой резьбы. Во время обработки круг получает вращательное движение (главное движение), а заготовка - вращение с круговой подачей и перемещение вдоль своей оси на шаг резьбы за один оборот заготовки (продольная подача). Этим способом можно шлифовать резьбы высокой точности, различного профиля и длины.

Шлифование резьб многониточными кругами выполняют с продольной подачей и методом радиального врезания. Оси абразивного круга и заготовки устанавливают параллельно. Врезное шлифование применяют для обработки коротких резьб и деталей с кольцевой нарезкой (резьбовые фрезы). При обработке вращающийся круг врезается с радиальной подачей на полную или установленную глубину профиля резьбы за время $1/2$ оборота заготовки, при этом заготовка за один оборот переместится вдоль своей оси на шаг резьбы. Обработка завершается за 1,5 оборота заготовки. Ширина круга должна превышать длину резьбы больше чем на 2 шага. Шлифование резьбы многониточным кругом с продольной подачей применяют при шлифовании длинных резьб. Кругу, установленному на полную глубину профиля резьбы, сообщают главное вращательное движение, заготовке - вращение с круговой подачей и перемещение с продольной подачей

на шаг за каждый ее оборот. Первые по движению нитки круга выполняют предварительное шлифование, а последние - окончательное.

Шлифование многониточными кругами целесообразно применять для резьб невысокой точности с шагом до 4 мм. Так как оси абразивного круга и заготовки расположены параллельно, то при обработке резьбы получается некоторое искажение профиля резьбы. Для нормальных резьб с малым углом подъема винтовой линии резьбы это искажение незначительно. Для шлифования резьб с большим шагом и углом подъема многониточные круги не применяют.

Резьбошлифовальные станки по конструктивным признакам различают: по средствам настройки для получения заданного шага резьбы; способу установки на угол подъема винтовой линии резьбы для получения точного профиля резьбы; видам движения затылования при шлифовании инструментов с затылованными зубьями. Для получения заданного шага резьбы стола станка с заготовкой сообщают продольное перемещение посредством ходового винта и сменных зубчатых колес, сменных ходовых винтов, сменных копиров (без ходовых винтов) и специальных линеек (без ходовых винтов). Установка на угол подъема винтовой линии фрезы достигается поворотом стола с заготовкой, поворотом шлифовальной бабки или поворотом корпуса шлифовального шпинделя.

11.6.1. Резьбофрезерный станок модели 561

Резьбофрезерный станок модели 561 предназначен для фрезерования длинных наружных резьб в условиях серийного производства. В индивидуальном и мелкосерийном производстве станок применяется также для нарезания коротких резьб, фрезерования шлицевых валков и нарезания цилиндрических зубчатых колес. При наличии дополнительных приспособлений на станке могут быть нарезаны внутренние резьбы.

Техническая характеристика станка

- высота центров в мм 200;
- наибольший диаметр обрабатываемой детали в мм:
 - над станиной 400;
 - над суппортом 200;
- диаметр отверстия полого шпинделя в мм 82;
- наибольшая длина фрезерования в мм 700;
- наибольшая глубина фрезерования в мм 25;

- пределы нарезаемых шагов метрических резьб в мм 1 – 48;
- наибольший шаг винтовой канавки в мм 700;
- пределы нарезаемых шагов дюймовых резьб в дюймах 1/16 – 1 и 3/4;
- наибольший нарезаемый модуль в мм 12;
- пределы диаметров применяемых в станке фрез в мм 70—115;
- количество скоростей вращения шпинделя 5;
- пределы чисел оборотов шпинделя в минуту 55—250;
- количество скоростей круговых подач обрабатываемой детали 32;
- количество величин продольных подач фрезерной головки 32;
- пределы скоростей круговых подач детали в об/мин 0,014—52;
- мощность электродвигателя в кВт 3.

Основные узлы станка (рисунок 11.17): передняя бабка; суппорт; фрезерная головка; задняя бабка; коробка скоростей; станина.

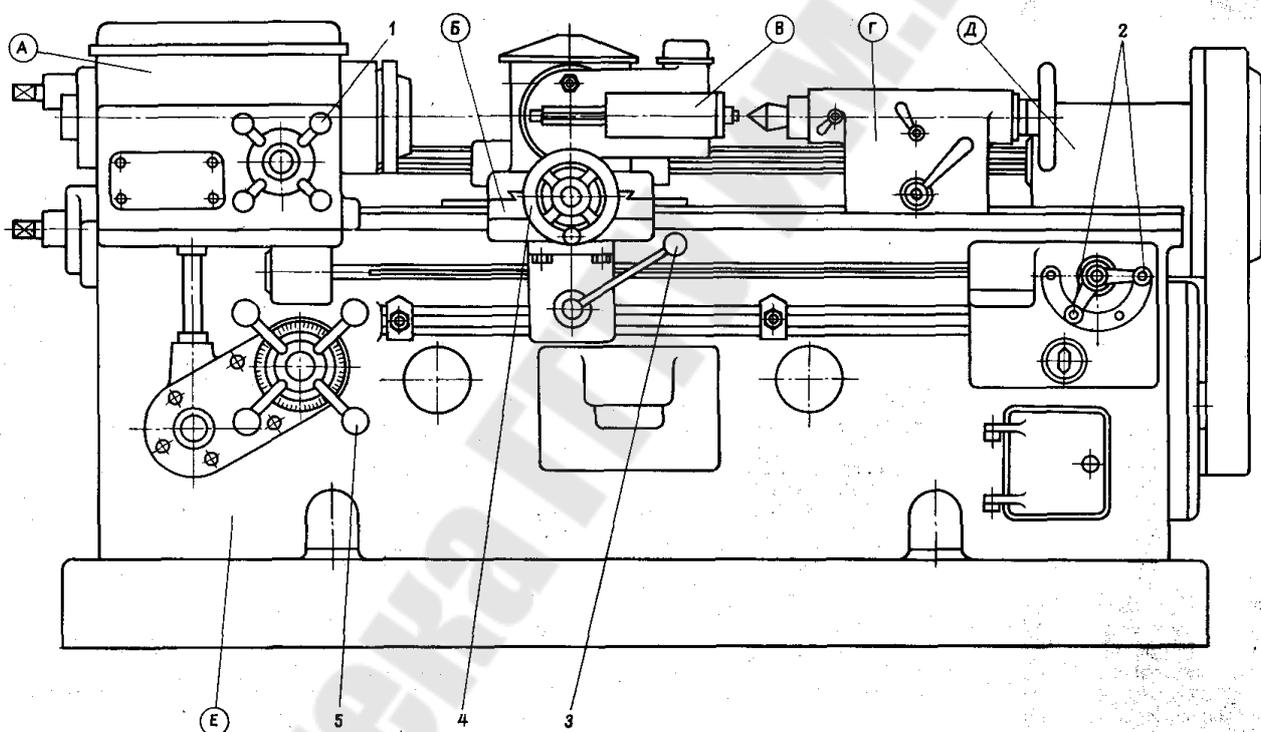


Рисунок 11.17 – Общий вид резьбофрезерного станка

Движения в станке. Движение резания — вращение шпинделя фрезерной головки с фрезой. В зависимости от вида производимых на станке работ шпинделю передней бабки и суппорту фрезерной головки могут сообщаться движение подачи, движение деления и движение обкатки, либо движение образования винтовой поверхности. Вспомогательные движения — быстрое вращение шпинделя передней бабки, быстрое перемещение суппорта с фрезерной головкой в продольном направлении, движения механизма управления и переключения и работа делительного устройства.

Кинематика станка (рисунок 11.18). Привод главного движения состоит из электродвигателя, ременной передачи, коробки скоростей, ходового вала, конической и цилиндрической передачи и шпиндельного узла.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{pn} \cdot i_{kc} \cdot i_{nn} = n_{шп.станка}.$$

Привод подачи шпиндельной головки станка состоит из постоянных передач, конического реверса, коробки подач, постоянных передач и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения продольной подачи шпиндельной головки станка: шпиндель станка – стол станка.

Расчетное перемещение цепи движения продольной подачи шпиндельной головки станка:

1 об. шпинделя \rightarrow S мм/об шпиндельной головки станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения продольной подачи шпиндельной головки станка в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_{кр} \cdot i_{кп} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S_{шп.головки}.$$

Привод деления и обката состоит из делительного механизма непосредственного деления, гитары обката и постоянных передач.

Конечные звенья цепи движения деления и обката станка: шпиндель с инструментом станка – шпиндель с заготовкой станка.

Расчетное перемещение цепи движения деления и обката станка:

1 об. шпинделя \rightarrow n об заготовки.

Уравнение кинематического баланса цепи движения деления и обката станка в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_2 \cdot i_{nn} = n_{заготовки},$$

где $i_2 = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$.

Привод движение образования винтовой поверхности состоит из ходового винта перемещения шпиндельной головки, постоянных передач, гитары сменных колёс и шпинделя с заготовкой.

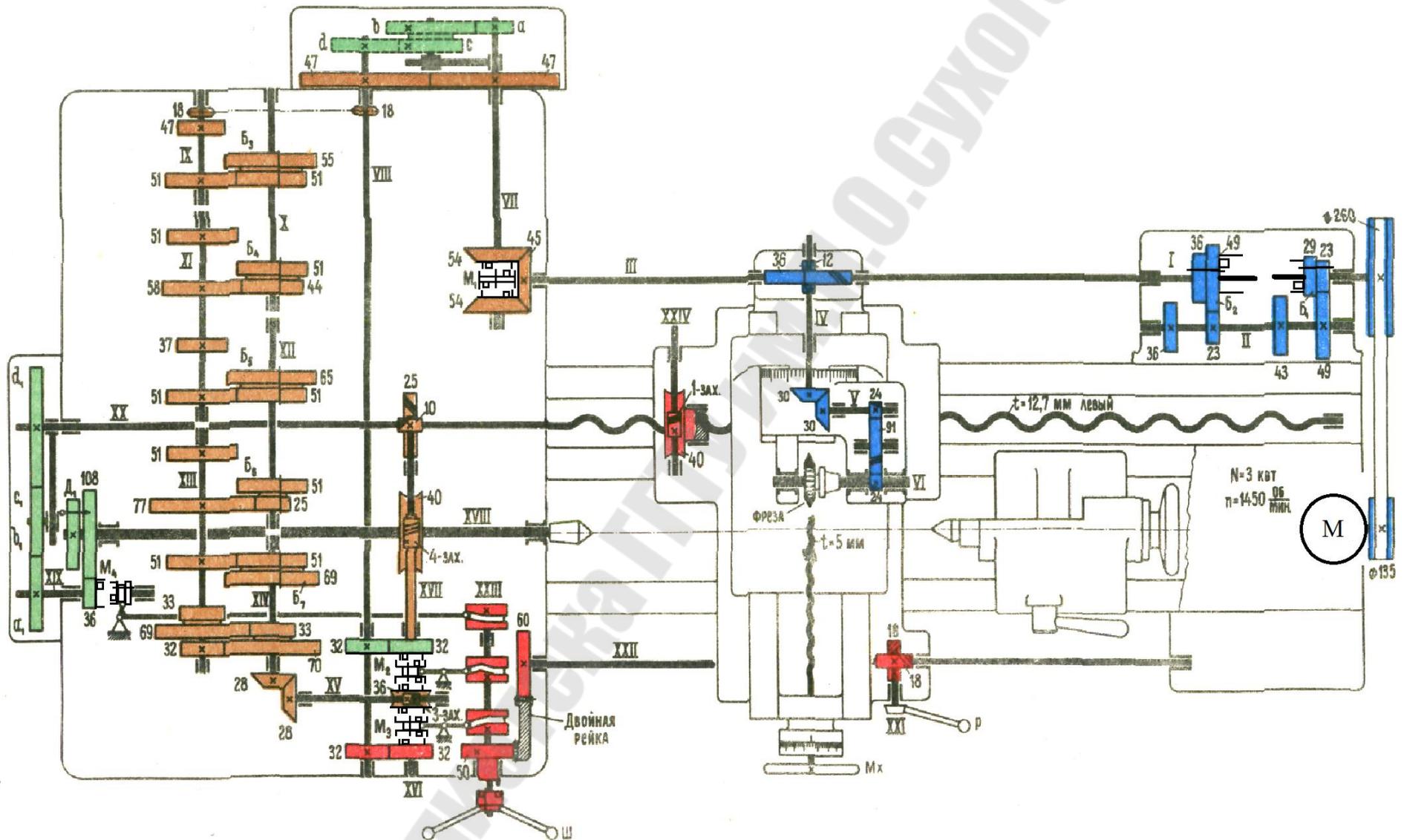


Рисунок 11.18 – Кинематическая схема резьбофрезерного станка

Конечные звенья цепи движения образования винтовой поверхности станка: шпиндель с заготовкой станка – шпиндельная головка станка.

Расчетное перемещение цепи движения образования винтовой поверхности станка:

1 об. заготовки → t винтовой канавки.

Уравнение кинематического баланса цепи движения образования винтовой поверхности станка в общем виде:

$$1_{об.шп.} \cdot i_{nn} \cdot i_z \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = t_{винт.канавки},$$

где $i_z = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$.

Принцип работы станка. На станке можно производить следующие основные виды работ: фрезерование однозаходных и многозаходных резьб различного профиля с нормальным шагом; фрезерование винтовых канавок с большим шагом; фрезерование продольных пазов различного профиля и вида; фрезерование многошлицевых валликов и цилиндрических зубчатых колес методом обкатки.

Для фрезерования длинных резьб, винтовых канавок и продольных пазов применяются дисковые фрезы соответствующего профиля; для фрезерования коротких крепежных резьб — гребенчатые фрезы. Зубчатые колеса и многошлицевые валлики нарезают червячными фрезами. Фрезы устанавливаются на шпинделе фрезерной головки, который приводится во вращение в соответствии с выбранной скоростью резания.

Фрезерная головка сделана поворотной. В процессе настройки станка ось шпинделя устанавливают так, чтобы плоскость вращения дисковой фрезы совпадала с направлением фрезеруемой канавки. Гребенчатые резьбовые фрезы располагают параллельно оси обрабатываемой детали. Червячные фрезы устанавливают так, чтобы направление их витков совпадало с направлением впадин нарезаемой детали.

Обрабатываемую деталь закрепляют в шпинделе передней бабки. Для закрепления обрабатываемых деталей применяются поводковые, цанговые и кулачковые патроны. Длинные валы поддерживаются задней бабкой, а в случае необходимости — подвижным и неподвижным люнетами.

При фрезеровании длинных резьб дисковой фрезе, расположенной под углом, равным углу подъема резьбы, сообщается вра-

щение в соответствии с выбранной скоростью резания. Обрабатываемой детали, установленной в центрах передней и задней бабок и поддерживаемой люнетами, сообщается медленное вращение в соответствии с заданной скоростью подачи. Движением образования винтовой поверхности является перемещение суппорта с фрезерной головкой, увязанное с вращением детали. За каждый оборот детали фрезеруется один виток резьбы. Многозаходные резьбы фрезеруются последовательно ход за ходом. После фрезерования каждого захода производится делительный поворот обрабатываемой детали.

Нарезание коротких резьб гребенчатыми фрезами производится при аналогичном сочетании движений, однако в этом случае все витки резьбы фрезеруются за один оборот детали.

12. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Фрезерные станки предназначены для обработки наружных и внутренних плоских, фасонных поверхностей, уступов, пазов, прямых и винтовых канавок, шлицев на валах, нарезание зубчатых колес и т.д. На фрезерных станках применяют (рисунок 12.1) различные конструкции фрез: дисковые, цилиндрические, концевые, торцовые, отрезные, шпоночные и др.

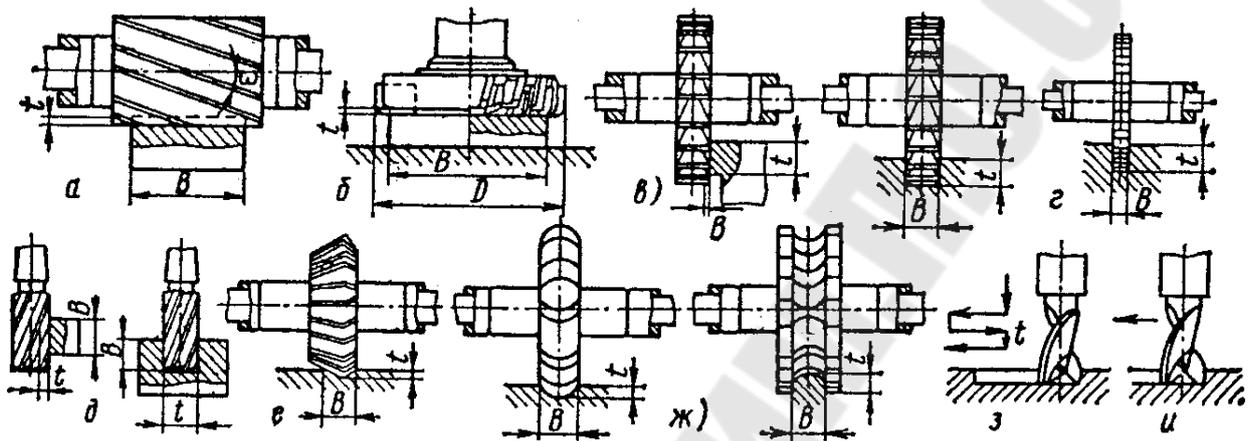


Рисунок 12.1 – Примеры обработок на фрезерных станках различными фрезами

Конструкции фрезерных станков многообразны (рисунок 12.2). Выпускают универсальные, специализированные и специальные фрезерные станки. Основными формообразующими движениями являются вращение фрезы (главное движение) и движение подачи, которое сообщают заготовке или фрезе. Приводы главного движения и подачи выполняют отдельно. Вспомогательные движения, связанные с подводом отводом заготовки к инструменту, механизированы и осуществляются от привода ускоренных перемещений. Основные элементы механизмов станков унифицированы. Основным параметром, характеризующим фрезерные станки общего назначения, является размер рабочей поверхности стола.

В общем случае фрезерные станки можно подразделить на две основные группы: общего назначения или универсальные (вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные, продольно-фрезерные); специализированные и специальные (шлицефрезерные, шпоночно-фрезерные, карусельно-фрезерные, копировально-фрезерные и др.). По конструктивным особенностям эти станки подразделяют на: консольные (стол расположен на подъемном кронштейне-консоли); бесконсольные (стол перемещается на неподвижной станине в продольном и поперечном направлениях) и непрерывного действия (кару-

сельные и барабанные).

В единичном, мелко- и среднесерийном производстве наиболее распространены консольные фрезерные станки (рисунок 12.2, а, в, г). Универсальный консольный горизонтально-фрезерный станок имеет горизонтальный шпиндель и выдвижной хобот, на который устанавливают серьгу, поддерживающую оправку с фрезой, консоль перемещается по направляющей стойки. На консоли расположены салазки и стол. Консольный вертикально-фрезерный станок имеет вертикальный шпиндель, который размещен в поворотной шпиндельной головке, установленной на стойке.

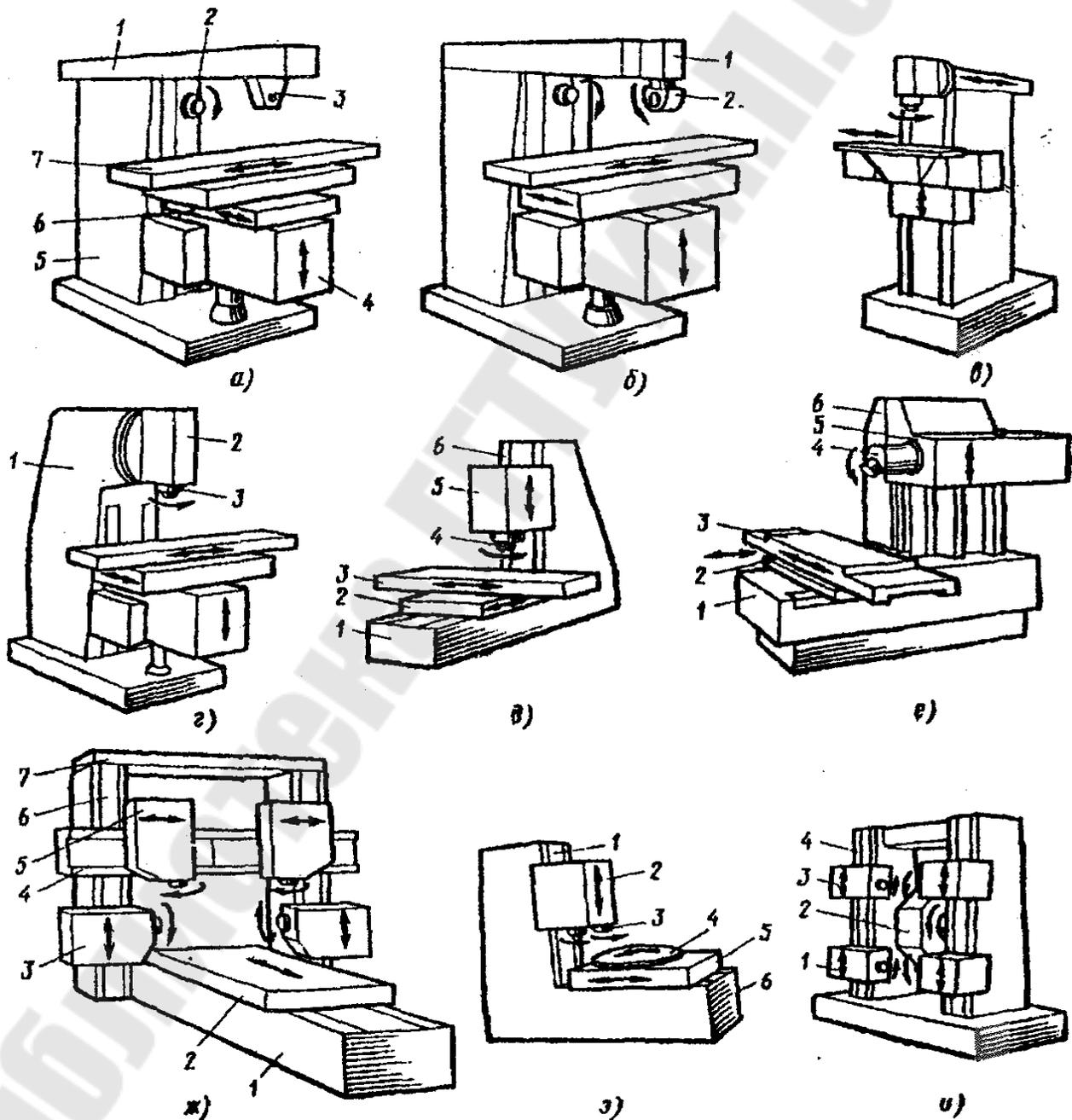


Рисунок 12.2 – Основные виды фрезерных станков

Широко-универсальный консольный горизонтально-фрезерный станок помимо горизонтального шпинделя имеет шпиндельную головку, которая может поворачиваться на хоботе в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему шпиндель с фрезой можно устанавливать под любым углом к плоскости стола и к обрабатываемой заготовке (рисунок 12.2, б). На головке монтируют накладную головку для сверления, рассверливания, зенкерования, растачивания и фрезерования.

Бесконсольные вертикально-фрезерные и горизонтально-фрезерные станки, служащие для обработки крупногабаритных деталей, имеют салазки и стол, которые перемещаются по направляющим станины (рисунок 12.2, д, е, ж). Шпиндельная головка перемещается по направляющим стойки. Шпиндель имеет осевые перемещения при установке фрезы.

Продольно-фрезерные станки предназначены для обработки крупногабаритных деталей. На станине установлены две вертикальные стойки, соединенные поперечиной. На направляющих стойках смонтированы фрезерные головки с горизонтальными шпинделями и траверса (поперечина). На последней установлены фрезерные головки с вертикальными шпинделями. Стол перемещается по направляющим стоек.

Карусельно-фрезерные станки, предназначенные для обработки поверхностей торцовыми фрезами, имеют один или несколько шпинделей для чистовой и черновой обработки (рисунок 12.2, з, и). По направляющим стойки перемещается шпиндельная головка. Стол, вращаясь непрерывно, сообщает установленным на нем заготовкам вращение подачи. Стол с салазками имеет установочное перемещение по направляющим станины. Барабанно-фрезерные станки используются в крупносерийном и массовом производстве. Заготовки устанавливаются на вращающемся барабане, имеющем движение подачи. Фрезерные головки (для черновой обработки) и (для чистовой обработки) перемещаются по направляющим стоек.

12.1. Горизонтально-фрезерные консольные станки

Горизонтально-фрезерный станок модели 6P82 предназначен для фрезерования различных деталей сравнительно небольших размеров в основном цилиндрическими, дисковыми, угловыми, фасонными и модульными фрезами в условиях индивидуального и серийного производства. Наличие поворотного стола позволяет нарезать

винтовые канавки при изготовлении косозубых колес, фрез, зенкеров, разверток и тому подобных деталей.

Техническая характеристика станка

- рабочая поверхность стола в мм 320x1250;
- пределы угла поворота стола в град ± 45 ;
- наибольшие перемещения стола в мм:
 - продольное 800;
 - поперечное 300;
 - вертикальное 400;
- расстояние от оси шпинделя до стола в мм:
 - наименьшее 0;
 - наибольшее 400;
- расстояние от оси шпинделя до хобота в мм 160;
- число скоростей вращения шпинделя 18;
- пределы чисел оборотов шпинделя в минуту 65—1800;
- мощность главного электродвигателя в кВт 7,5;
- количество скоростей подач стола 18;
- пределы скоростей подач в мм/мин:
 - продольных 35—980;
 - поперечных 25—765;
 - вертикальных 12—380;
- скорость быстрого продольного перемещения стола в мм/мин 2600;
- мощность электродвигателя привода подач в кВт 2,2.

Основные узлы станка (рисунок 12.3): станина с коробкой скоростей и шпиндельным узлом; хобот с подвесками; дополнительная связь консоли с хоботом (поставляется при необходимости для увеличения жесткости конструкции станка при работе); поворотная часть стола; поперечные салазки; стол; консоль с коробкой подач; основание с резервуаром для охлаждающей жидкости.

Движения в станке. Движение резания — вращение шпинделя с фрезой. Движения подач — продольное, поперечное и вертикальное поступательные перемещения стола. Вспомогательные движения — все указанные перемещения стола, выполняемые на быстром ходу или вручную.

Кинематика станка (рисунок 12.4). Вращение шпинделя с инструментом заимствуется от главного электродвигателя М1 и передается через постоянную передачу и через коробку скоростей на шпиндель станка с инструментом.

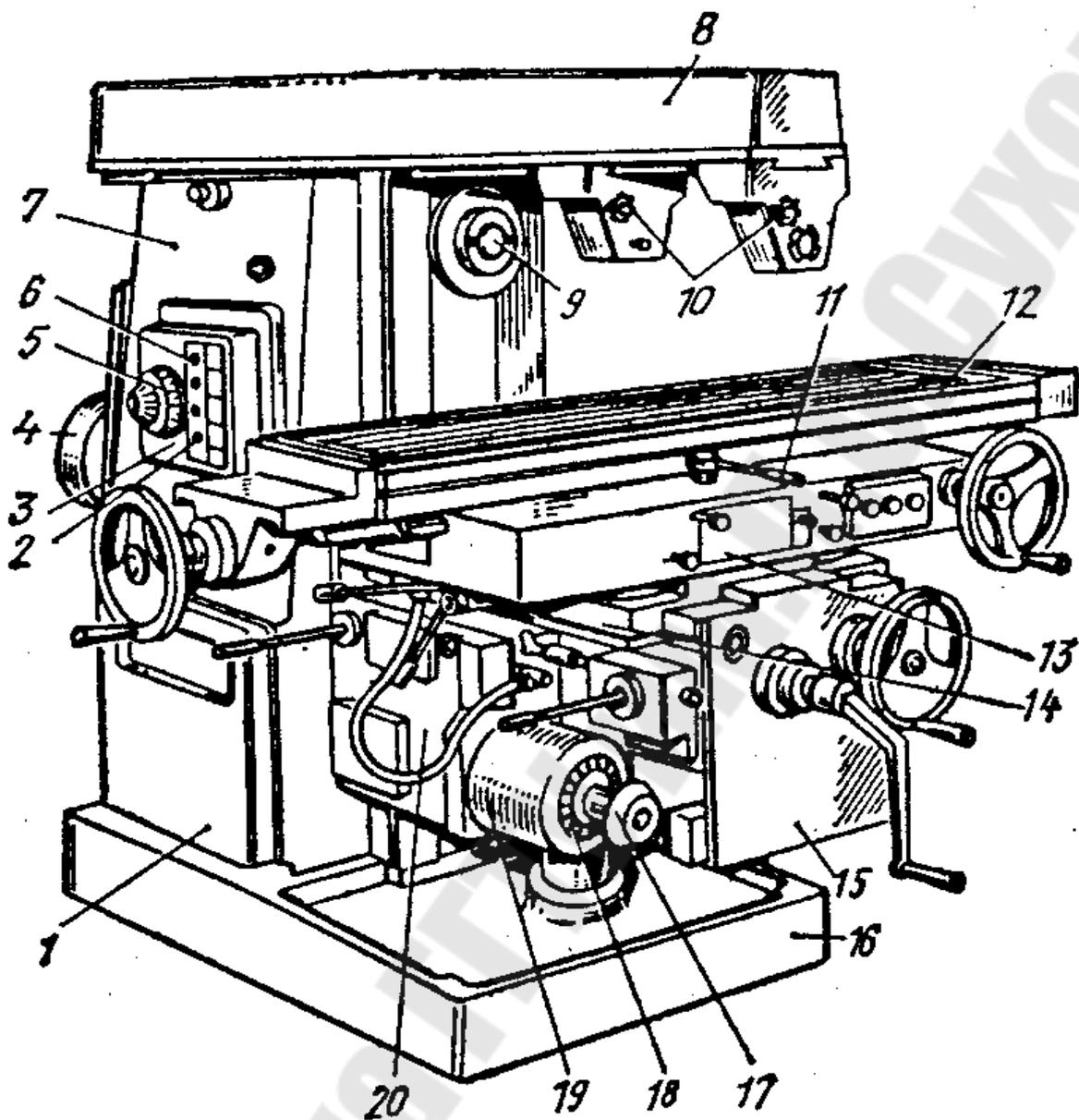


Рисунок 12.3 – Общий вид горизонтально-фрезерного консольного станка

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{пп} \cdot i_{кс} = n_{шп.станка}.$$

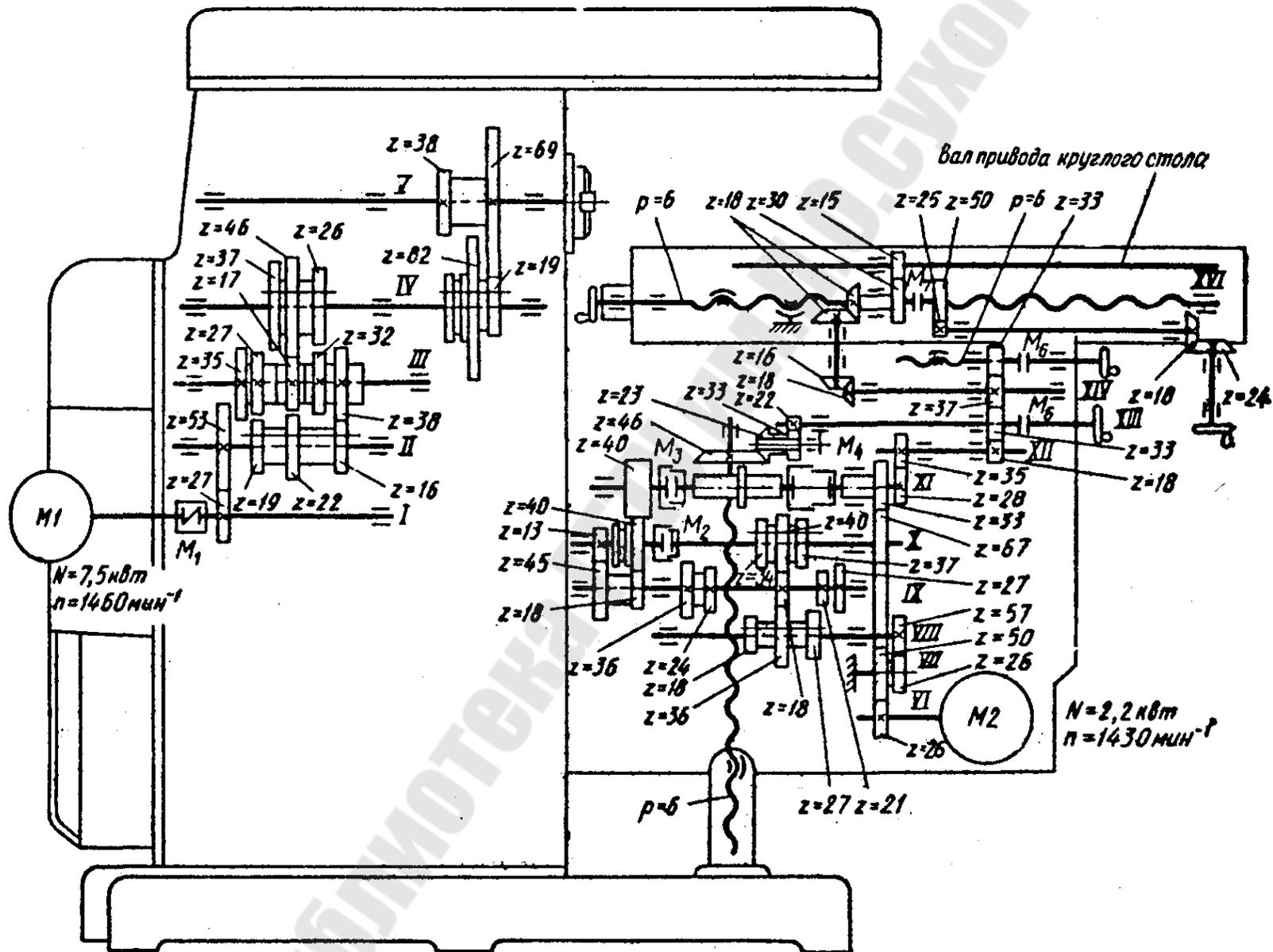


Рисунок 12.4 – Кинематическая схема горизонтально-фрезерного станка

Перемещение стола в продольном направлении, салазок в поперечном направлении и консоли в вертикальном направлении заимствуется от второго электродвигателя М2 и передается через постоянные передачи, коробку подач, постоянные передачи и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения подач узлов станка: электродвигатель – стол, салазки или консоль станка.

Расчетное перемещение цепи движения подач узлов станка:

n об/мин эл. дв. $\rightarrow S$ мм/мин узлов станка.

Уравнение кинематического баланса цепей движения подач узлов станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{пн} \cdot i_{кп} \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{ст.продол},$$

$$n_{дв} \cdot i_{пн} \cdot i_{кп} \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{сал.попереч},$$

$$n_{дв} \cdot i_{пн} \cdot i_{кп} \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{кон.вертик}$$

Принцип работы станка. Обрабатываемые детали закрепляются непосредственно на столе, в машинных тисках или специальных приспособлениях, устанавливаемых на столе станка. При необходимости делить заготовку на несколько равных частей применяют универсальную делительную головку.

Насадные фрезы закрепляют на консольных или опорных оправках. Для поддержания шпиндельных оправок применяют хобот с центральной и концевой подвесками. Хвостовые фрезы закрепляют непосредственно в конусе шпинделя или цанговом патроне. Торцовые фрезерные головки устанавливают и закрепляют на торце шпинделя.

Настройка станка в соответствии с конфигурацией и размерами обрабатываемой детали производится за счет быстрых механических или ручных перемещений стола, поперечных салазок и консоли. При нарезании винтовых канавок поворачивают стол в соответствии с углом наклона фрезеруемой винтовой канавки. При работе на тяжелых режимах для повышения жесткости узла консоли устанавливают дополнительную связь.

В серийном производстве станок может быть настроен для работы по полуавтоматическому, маятниковому или скачкообразному циклам.

Для этой цели в боковом пазу стола устанавливаются в опре-

деленной последовательности упоры и кулачки, которые в нужные моменты воздействуют на звездочку управления продольной подачи, быстрого перемещения и остановки стола.

При полуавтоматическом цикле работы после включения станка стол совместно с обрабатываемой деталью быстро перемещается, пока обрабатываемая деталь не подойдет к фрезе, затем включается рабочая подача.

По окончании обработки стол быстро возвращается в исходное положение и автоматически останавливается. Рабочий снимает обработанную деталь, закрепляет заготовку и вновь включает станок. Цикл повторяется.

При маятниковом цикле обрабатываемые детали устанавливаются попеременно то с правой, то с левой стороны стола. Последний непрерывно совершает замкнутый цикл движений — быстрое перемещение влево, рабочая подача влево, быстрое перемещение вправо, рабочая подача вправо. Снятие обработанной детали и закрепление заготовки производятся рабочим во время фрезерования детали, расположенной на другой стороне стола.

Скачкообразный цикл применяется для одновременного фрезерования комплекта деталей, у которых обрабатываемые поверхности расположены на значительных расстояниях друг от друга. В этом случае стол автоматически получает то быстрые, то медленные перемещения в соответствии с расположением обрабатываемых поверхностей деталей.

12.2. Вертикально-фрезерные консольные станки

Вертикально-фрезерный станок модели 6P12 предназначен для скоростного фрезерования разнообразных деталей средних размеров и веса из черных и цветных металлов, а также из пластмасс.

Обработка деталей на станке в основном производится торцовыми, хвостовыми, пальцевыми фрезами и фрезерными головками в условиях индивидуального и серийного производства.

Техническая характеристика станка

- размеры рабочей поверхности стола в мм 320x1250;
- максимальные перемещения стола в мм:
 - продольное 700;
 - поперечное 260;
 - вертикальное 370;

- пределы поворота шпиндельной головки в град ± 45 ;
- максимальное перемещение гильзы шпинделя в мм 70;
- число скоростей вращения шпинделя 18;
- пределы чисел оборотов шпинделя в минуту 63—3150;
- мощность главного электродвигателя в кВт 10;
- количество скоростей подач стола 18;
- пределы скоростей подач стола в мм/мин:
 - продольных 40—2000;
 - поперечных 27—1330;
 - вертикальных 13—665;
- скорость быстрого продольного перемещения стола в мм/мин 4000;
- мощность электродвигателя привода подач в кВт 1

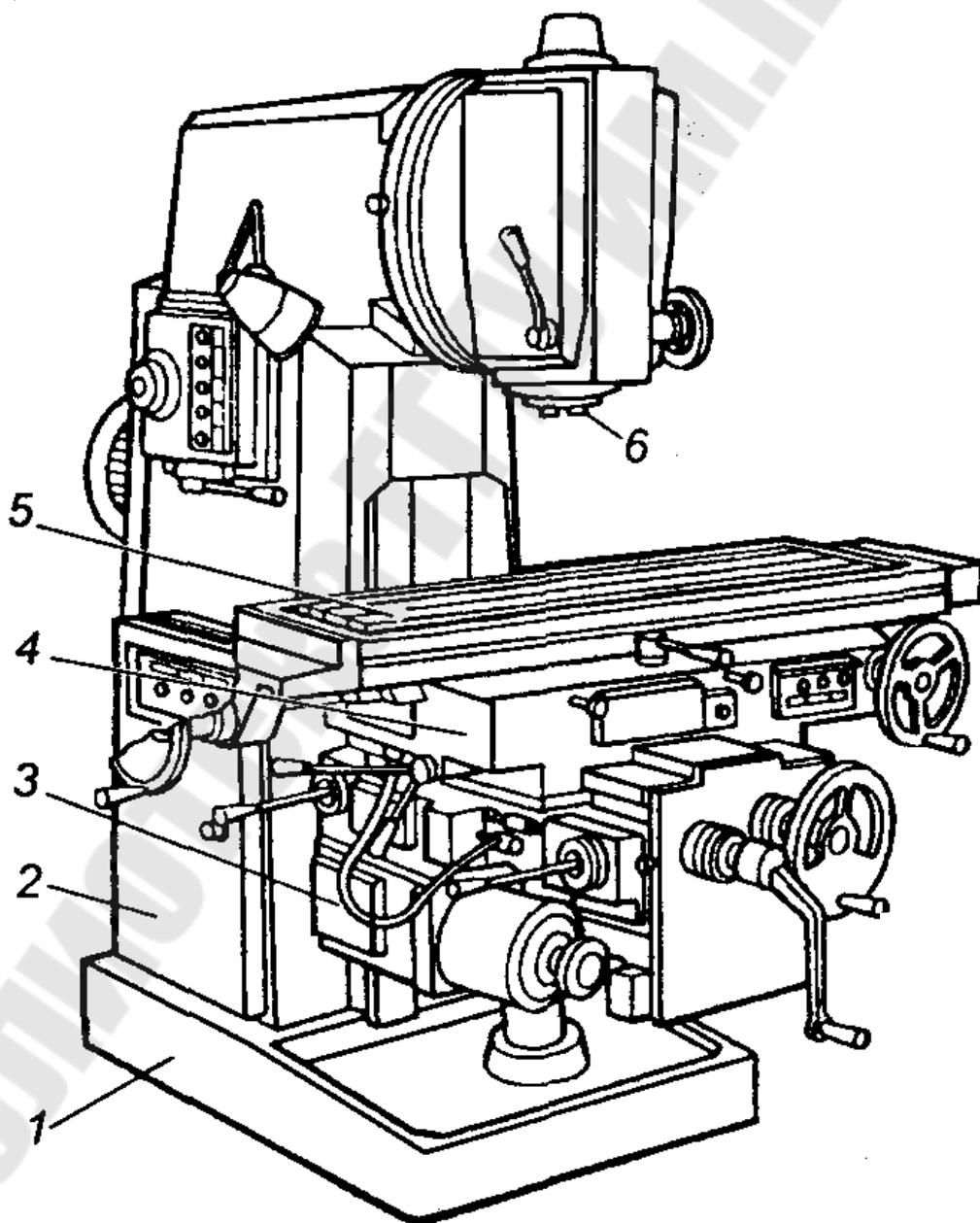


Рисунок 12.5 – Общий вид вертикально-фрезерного станка

Основные узлы станка (рисунок 12.5): основание; станина; коробка скоростей; шпиндельная головка; стол; поперечные салазки; консоль; коробка подач.

Движения в станке. Движение резания — вращение шпинделя с фрезой. Движения подач — прямолинейные поступательные перемещения стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. Вспомогательными движениями являются все указанные перемещения стола, выполняемые на быстром ходу или вручную, ручное перемещение шпиндельной гильзы вдоль оси шпинделя и поворот шпиндельной головки в правую или левую сторону на угол до 45°.

Кинематика станка (рисунок 12.6). Вращение шпинделя с инструментом заимствуется от главного электродвигателя М1 и передаётся через постоянную передачу, через коробку скоростей и постоянные передачи на шпиндель станка с инструментом.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{пн} \cdot i_{кс} = n_{шп.станка}.$$

Перемещение стола, салазок и консоли заимствуется от второго электродвигателя М2 и передаётся через постоянные передачи, коробку подач и передачи винт-гайка на узлы станка.

Конечные звенья цепи движения подач узлов станка: электродвигатель – стол, салазки или консоль станка.

Расчетное перемещение цепи движения подач узлов станка:

n об/мин эл. дв. → S мм/мин узлов станка.

Уравнение кинематического баланса цепей движения подач узлов станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{пн} \cdot i_{кп} \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{ст.продол},$$

$$n_{дв} \cdot i_{пн} \cdot i_{кп} \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{сал.попереч},$$

$$n_{дв} \cdot i_{пн} \cdot i_{кп} \cdot i_{пн} \cdot t_{хв} = S_{кон.вертик}$$

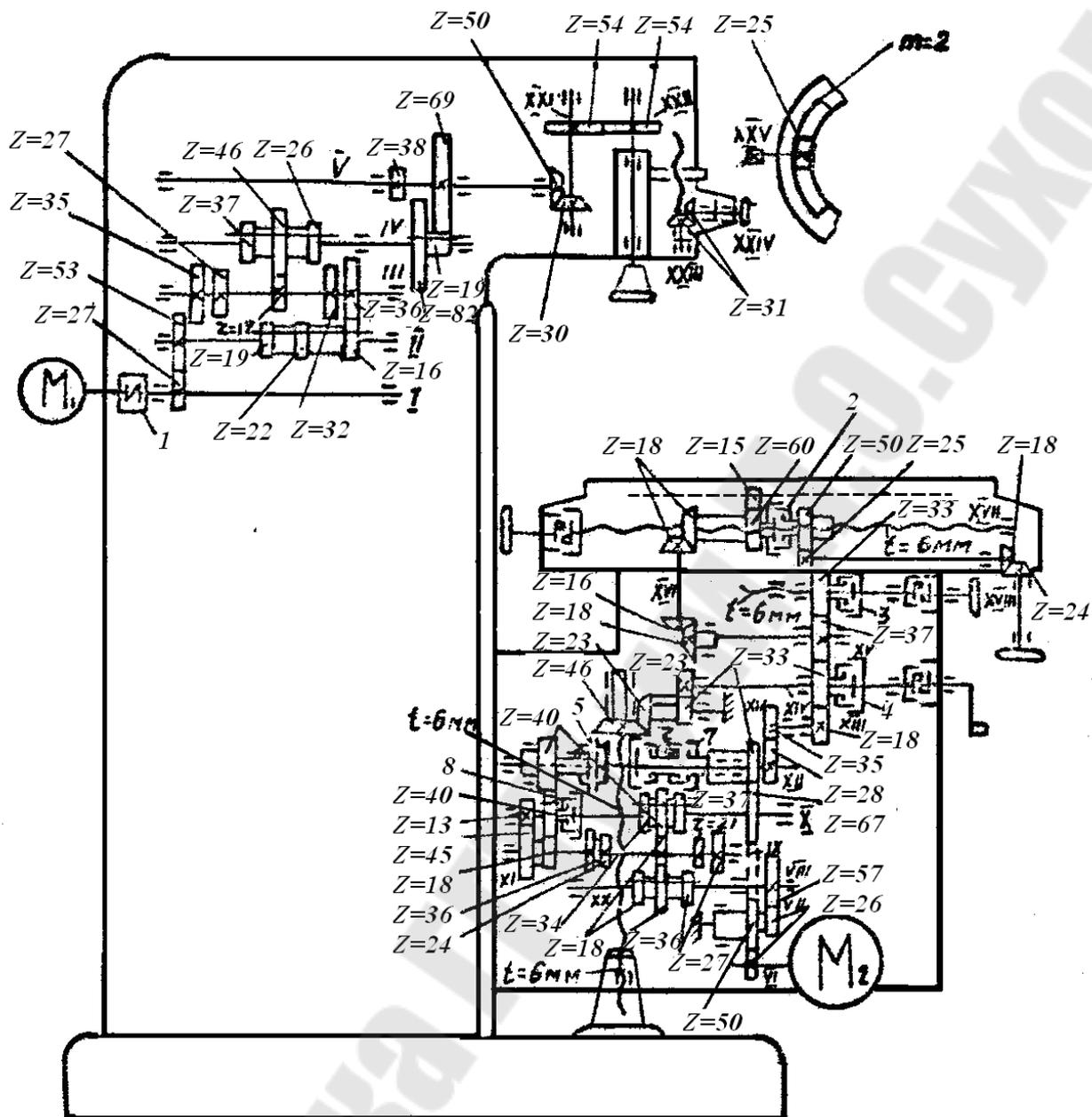


Рисунок 12.6 – Кинематическая схема вертикально-фрезерного консольного станка

Принцип работы станка. Крупные детали закрепляются непосредственно на столе станка с помощью прижимных устройств. Небольшие детали устанавливаются в тисках или специальных приспособлениях. Торцовые, концевые, пальцевые фрезы и фрезерные головки укрепляются в шпинделе. При обработке небольшой партии деталей управление продольной подачей и быстрым перемещением стола производится вручную.

В серийном производстве станок может быть настроен для работы по полуавтоматическому, маятниковому или скачкообразному

циклам.

Для этой цели в боковом пазу стола устанавливаются в определенной последовательности упоры и кулачки, которые в нужные моменты воздействуют на звездочку управления продольной подачи, быстрого перемещения и остановки стола.

При полуавтоматическом цикле работы после включения станка стол совместно с обрабатываемой деталью быстро перемещается, пока обрабатываемая деталь не подойдет к фрезе, затем включается рабочая подача.

По окончании обработки стол быстро возвращается в исходное положение и автоматически останавливается. Рабочий снимает обработанную деталь, закрепляет заготовку и вновь включает станок. Цикл повторяется.

При маятниковом цикле обрабатываемые детали устанавливаются попеременно то с правой, то с левой стороны стола. Последний непрерывно совершает замкнутый цикл движений — быстрое перемещение влево, рабочая подача влево, быстрое перемещение вправо, рабочая подача вправо. Снятие обработанной детали и закрепление заготовки производятся рабочим во время фрезерования детали, расположенной на другой стороне стола.

Скачкообразный цикл применяется для одновременного фрезерования комплекта деталей, у которых обрабатываемые поверхности расположены на значительных расстояниях друг от друга. В этом случае стол автоматически получает то быстрые, то медленные перемещения в соответствии с расположением обрабатываемых поверхностей деталей.

12.3. Широкоуниверсальные консольные фрезерные станки

Широкоуниверсальный консольный фрезерный станок модели 6Р82Ш предназначен для скоростного фрезерования разнообразных деталей средних размеров и веса из черных и цветных металлов, а также из пластмасс.

Обработка деталей на станке производится торцовыми, хвостовыми, пальцевыми, дисковыми, цилиндрическими, отрезными фрезами и фрезерными головками в условиях индивидуального и серийного производства. Обработка может производиться одновременно двумя фрезами, установленными в двух шпинделях.

Наличие поворотного стола позволяет нарезать винтовые канавки при изготовлении косозубых колес, фрез, зенкеров, разверток и

тому подобных деталей.

На рисунке 12.7 показан широкоуниверсальный консольный фрезерный станок, разобранный по узлам.

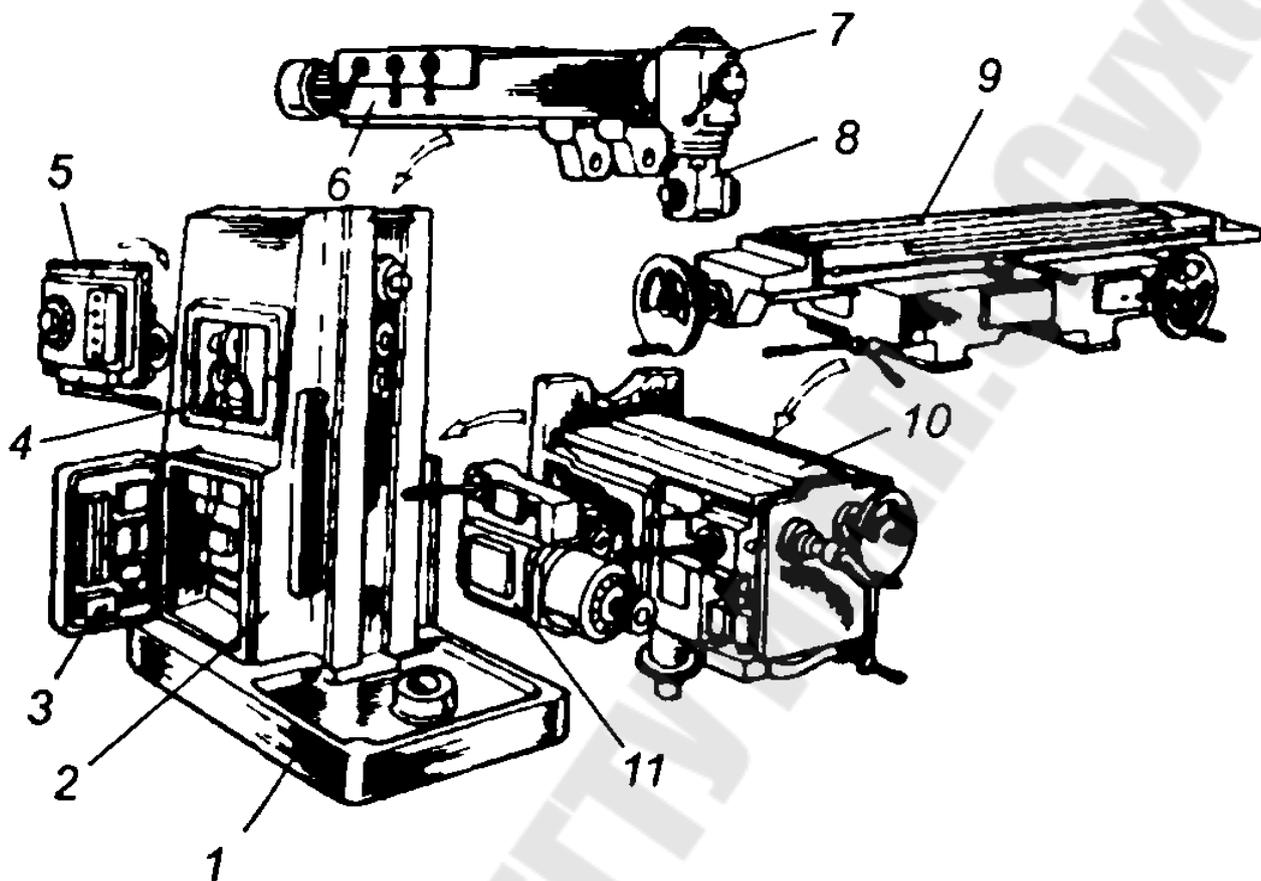


Рисунок 12.7 – Основные узлы широкоуниверсального консольного фрезерного станка

Техническая характеристика станка

- рабочая поверхность стола в мм 300x1200;
- пределы угла поворота стола в град ± 45 ;
- наибольшие перемещения стола в мм:
 - продольное 800;
 - поперечное 300;
 - вертикальное 400;
- расстояние от оси шпинделя до стола в мм:
 - наименьшее 0;
 - наибольшее 400;
- расстояние от оси шпинделя до хобота в мм 160;
- число скоростей вращения горизонтального шпинделя 18;
- пределы чисел оборотов горизонтального шпинделя в минуту 65 – 1800;

- число скоростей вращения вертикального шпинделя 12;
- пределы чисел оборотов вертикального шпинделя в минуту 65 – 1000;
- мощность электродвигателя привода горизонтального шпинделя в кВт 7,5;
- мощность электродвигателя привода вертикального шпинделя в кВт 5;
- количество скоростей подач стола 18;
- пределы скоростей подач в мм/мин:
 - продольных 35—980;
 - поперечных 25—765;
 - вертикальных 12—380;
- скорость быстрого продольного перемещения стола в мм/мин 2600;
- мощность электродвигателя привода подач в кВт 2,2.

Основные узлы станка (рисунок 12.8): фундаментальная плита; станина с коробкой скоростей и шпиндельным горизонтальным узлом; выдвижная коробка с коробкой скоростей и поворотной и накладной головкой с вертикальным шпинделем; хобот с подвесками; поворотная часть стола; поперечные салазки; стол; консоль с коробкой подач; основание с резервуаром для охлаждающей жидкости.

Движения в станке. Движение резания — вращение шпинделей с фрезами. Движения подач — продольное, поперечное и вертикальное поступательные перемещения стола. Вспомогательные движения — все указанные перемещения стола, выполняемые на быстром ходу или вручную.

Кинематика станка (рисунок 12.9). Вращение горизонтального шпинделя с инструментом заимствуется от главного электродвигателя М1 и передаётся через коробку скоростей.

Конечные звенья цепи главного движения горизонтального шпинделя станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{ин} \cdot i_{кс} = n_{шп.станка}.$$

Вращение вертикального шпинделя с инструментом заимствуется от второго электродвигателя М2 и передаётся через отдельную коробку скоростей и постоянные передачи.

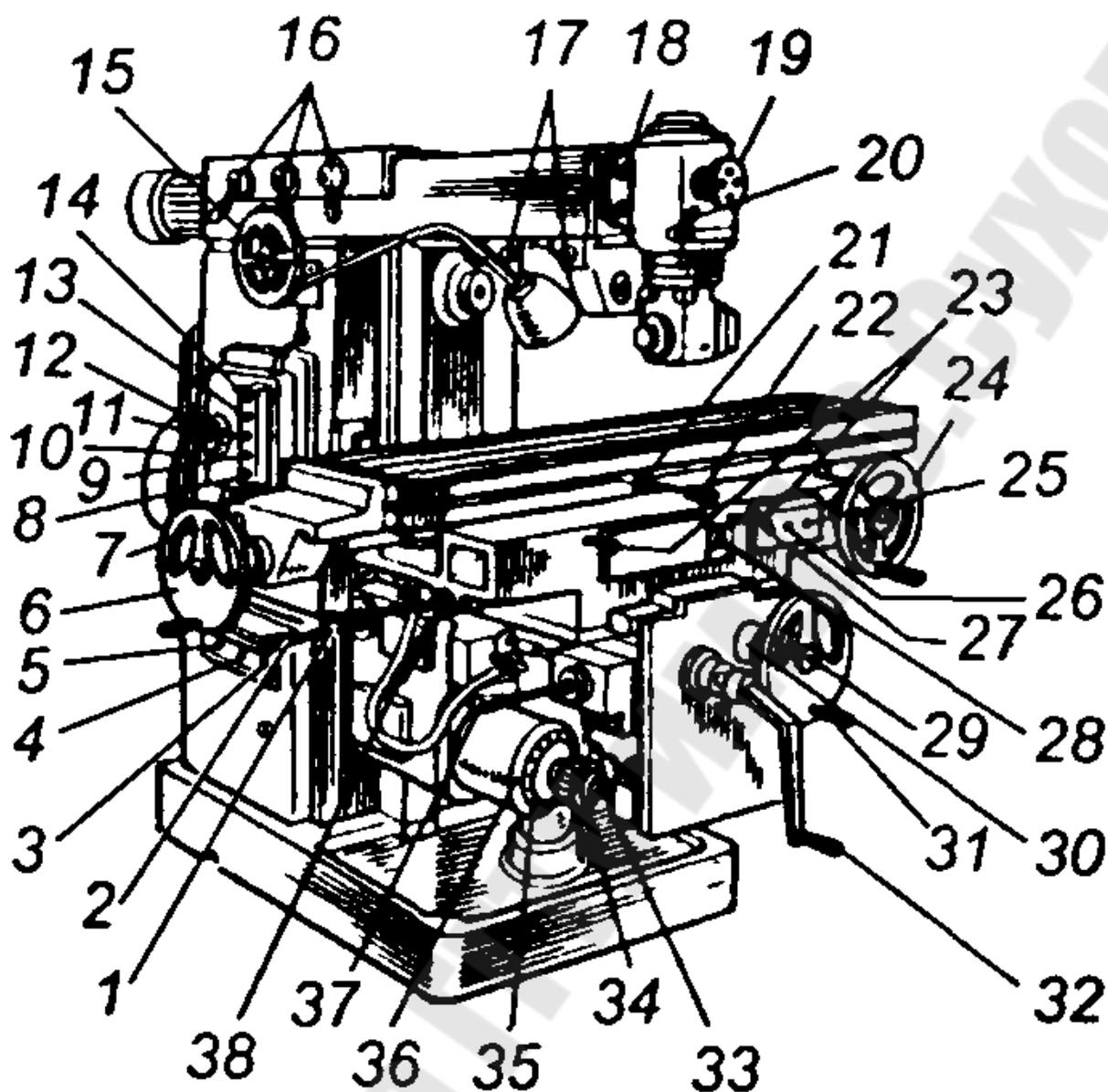


Рисунок 12.8 – Общий вид широкоуниверсального консольного фрезерного станка: 1 – рукоятка включения продольных перемещений стола; 2, 37 — рукоятки включения поперечной и вертикальной подач стола; 3 — переключатель ввода «Включено—выключено»; 4 — переключатель насоса охлаждения «Включено—выключено»; 5 — переключатель вращения горизонтального шпинделя «Влево—вправо»; 6, 24 – маховички ручного продольного, перемещения стола; 7— рукоятка переключения скоростей горизонтального шпинделя; 8, 27— кнопка «Стоп»; 9, 26 – кнопка «Пуск шпинделя»; 10 – стрелка указателя частоты вращения шпинделя; 11 — указатель частоты вращения шпинделя; 12, 25 — кнопка «Быстро стоп»; 13 — кнопка «Импульс шпинделя»; 14 — переключатель освещения; 15 — маховичок ручного перемещения хобота; 16 — рукоятки переключения скоростей шпинделя поворотной головки; 17 — механизм зажима серьги; 18 — механизм зажима поворотной головки; 19 — маховичок выдвижения

гильзы шпиндели; 20 — рукоятка зажима гильзы и шпинделя; 21 — звёздочка механизма автоматического цикла»; 22 — рукоятка включения продольной подачи стола; 23 — механизм зажима стола; 28 — переключатель ручного или автоматического управления стола; 29 — маховичок ручных поперечных перемещений стола; 30 — лимб механизма поперечных перемещений стола; 31 — кольцо нониуса; 32 — рукоятку ручных вертикальных перемещений стола; 33 — кнопка фиксации грибка переключения подачи; 34 — грибок переключения подачи; 35 — указатель подачи стола; 36 — стрелка указателя подачи стола; 38 — рукоятка зажима салазок на направляющих консоли).

Конечные звенья цепи главного движения вертикального шпинделя станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кс} \cdot i_{nn} = n_{шп.станка}.$$

Перемещение стола, салазок и консоли заимствуется от отдельного электродвигателя МЗ и передаётся через постоянные передачи, коробку подач и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения подач узлов станка: электродвигатель – стол, салазки или консоль станка.

Расчетное перемещение цепи движения подач узлов станка:

n об/мин эл. дв. → S мм/мин узлов станка.

Уравнение кинематического баланса цепей движения подач узлов станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кп} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S_{ст.продол},$$

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кп} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S_{сал.попереч},$$

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кп} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S_{кон.вертик}$$

Принцип работы станка. Детали закрепляются непосредственно на столе станка с помощью прижимных устройств или в тисках или специальных приспособлениях. Торцовые, концевые, пальцевые фрезы и фрезерные головки закрепляются в вертикальном шпинделе, а дисковые, цилиндрические, торцовые и концевые фрезы закрепляют-

ся в горизонтальном шпинделе. При обработке небольшой партии деталей управление продольной подачей и быстрым перемещением стола производится вручную. В серийном производстве станок может быть настроен для работы по полуавтоматическому, маятниковому или скачкообразному циклам.

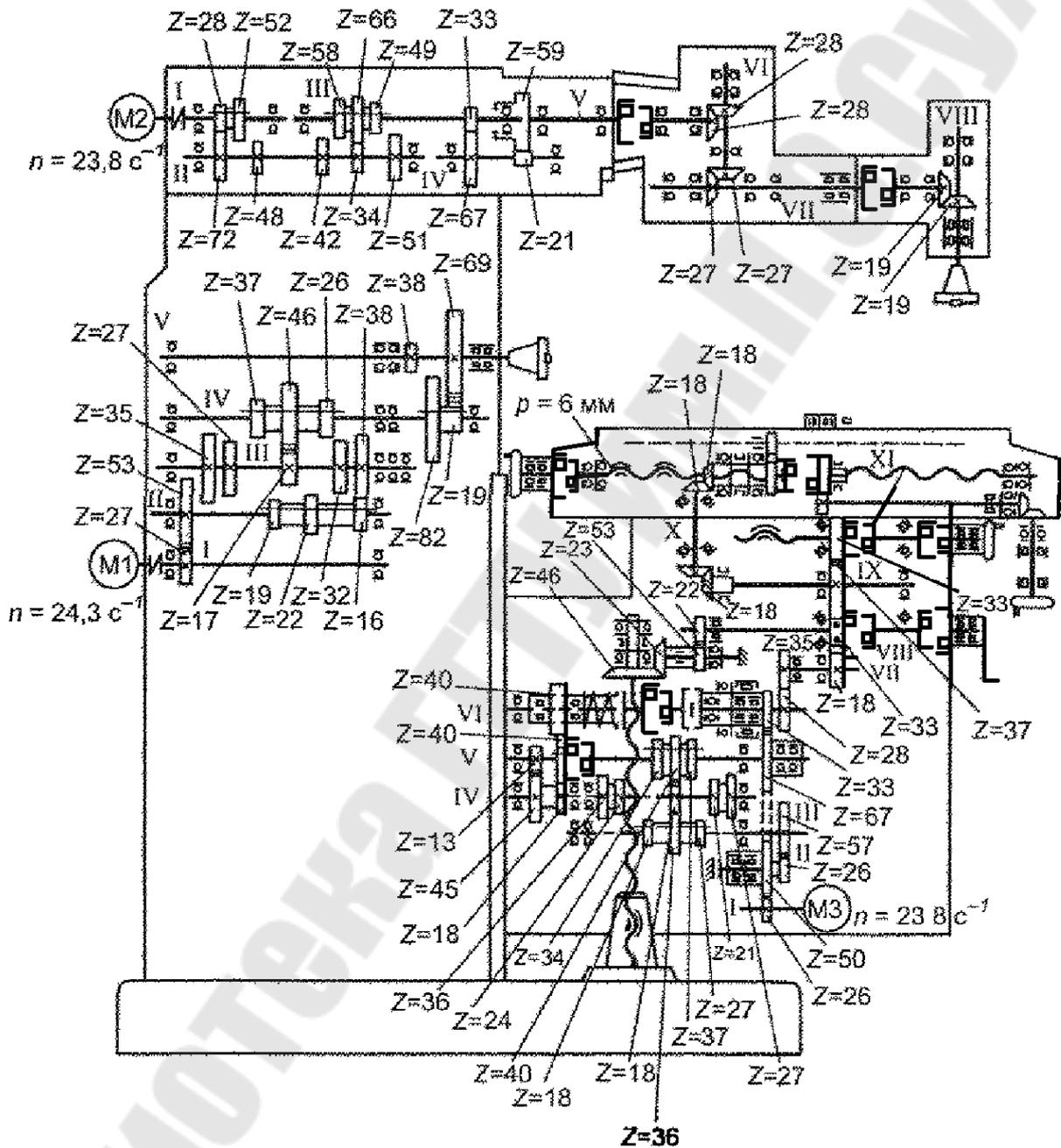


Рисунок 12.9 – Кинематическая схема широкоуниверсального консольного фрезерного станка

Для этой цели в боковом пазу стола устанавливаются в определенной последовательности упоры и кулачки, которые в нужные моменты воздействуют на звездочку управления продольной подачи, быстрого перемещения и остановки стола.

При полуавтоматическом цикле работы после включения станка стол совместно с обрабатываемой деталью быстро перемещается, пока обрабатываемая деталь не подойдет к фрезе, затем включается рабочая подача.

По окончании обработки стол быстро возвращается в исходное положение и автоматически останавливается. Рабочий снимает обработанную деталь, закрепляет заготовку и вновь включает станок. Цикл повторяется.

При маятниковом цикле обрабатываемые детали устанавливаются попеременно то с правой, то с левой стороны стола. Последний непрерывно совершает замкнутый цикл движений — быстрое перемещение влево, рабочая подача влево, быстрое перемещение вправо, рабочая подача вправо. Снятие обработанной детали и закрепление заготовки производятся рабочим во время фрезерования детали, расположенной на другой стороне стола.

Скачкообразный цикл применяется для одновременного фрезерования комплекта деталей, у которых обрабатываемые поверхности расположены на значительных расстояниях друг от друга. В этом случае стол автоматически получает то быстрые, то медленные перемещения в соответствии с расположением обрабатываемых поверхностей деталей.

12.4. Делительные головки

Назначение делительных головок. Делительные головки в основном применяются на консольно-фрезерных станках и служат для закрепления и деления обрабатываемых деталей на равные части при фрезеровании квадратов, шестигранников, нарезания зубчатых колес, звездочек и других подобных работ и для поворота обрабатываемых деталей на заданный угол. Универсальные делительные головки служат также и для сообщения вращения обрабатываемой детали при нарезании винтовых канавок на универсально-фрезерных станках.

Отечественные универсальные делительные головки выпускаются разных типов, например УДГ-135 и УДГ-160 с высотой центров соответственно 135 и 160 мм. Характеристики этих головок $N=40$, т. е. шпиндель головки поворачивается на полный оборот за 40 оборотов рукоятки.

Универсальные делительные головки позволяют производить деления обрабатываемых деталей тремя методами: непосредственным, простым и дифференциальным.

Основные элементы головки (рисунок 12.10): 1 – нарезаемое зубчатое колесо; 2 – корпус УДГ; 3 – рукоятка; 4 – делительный диск простого и дифференциального деления; 5 – отверстия в диске для фиксатора рукоятки; 6 – шпиндель УДГ; 7 – фреза; 8 – задняя бабка.

Конструкция и принцип работы. У делительных головок типов УДГ-100, УДГ-135 и УДГ-160 делительные диски Д2 для простого и дифференциального метода деления выполнены двусторонними с глухими отверстиями: на одной стороне диска имеются окружности с числами отверстий 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30 и 31, а на другой стороне — 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 и 54.

Делительный диск Д1 для непосредственного деления у современных головок выполнен градуированным с ценой деления 1° . Установленный на корпусе головки нониус позволяет производить отсчет угла поворота шпинделя с точностью до $5'$.

К делительным головкам УДГ-135 и УДГ-160 прилагаются гитара и сменные зубчатые колеса с числами зубьев: 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90 и 100.

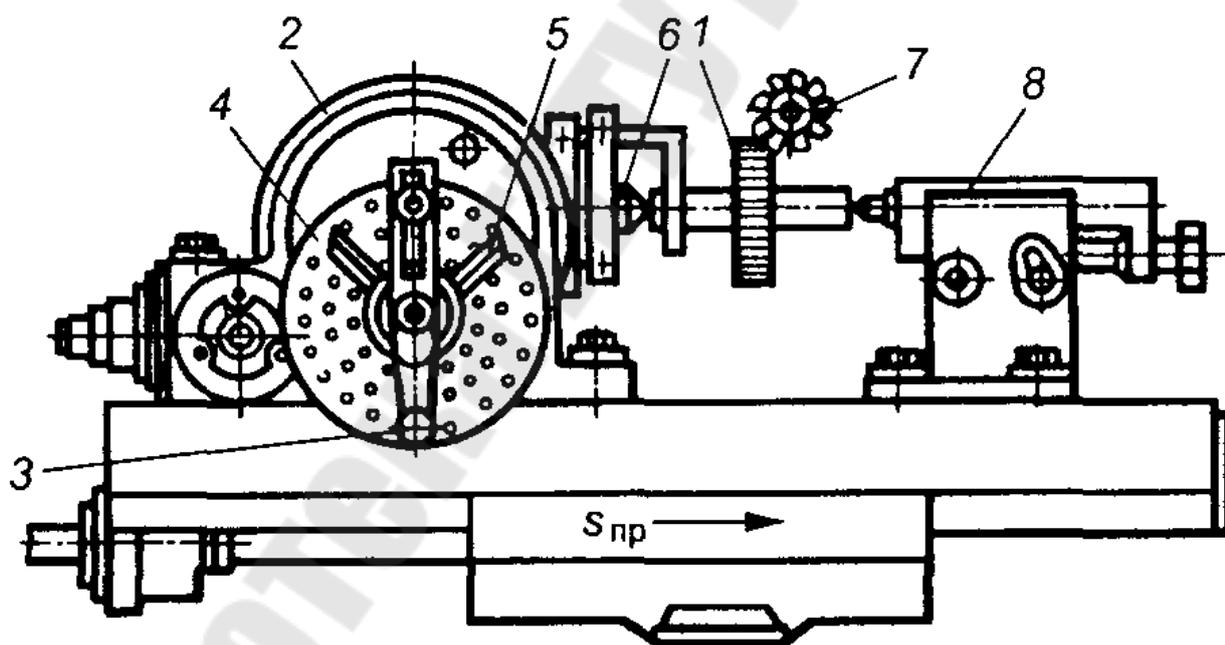


Рисунок 12.10 – Общий вид универсальной делительной головки и схема установки заготовки

Для обработки элементов деталей, расположенных на конических поверхностях, например при фрезеровании впадин для образования зубьев конических колес, зенкерования, зенкования и т. п., корпус поворачивается вокруг горизонтальной оси в вертикальной плоскости на заданный угол относительно основания головки.

Делительные головки обычно выпускаются для установки на

левом конце рабочего стола. Однако отечественные станкостроительные заводы выпускают делительные головки, рассчитанные на установку с правой стороны стола.

Оптическая делительная головка (рисунок 12.11). Принцип работы оптической делительной головки совершенно иной, чем у УДГ. Деление и поворот обрабатываемой детали на заданный угол здесь могут производиться только с помощью метода непосредственного деления.

Если деление не требует высокой точности, то оно может производиться по градуированному делительному диску, закрепленному на переднем конце шпинделя.

В этом случае обычно за счет поворота эксцентриковой корпусной втулки червяк выводят из зацепления с червячным колесом, а шпиндель с обрабатываемой деталью поворачивают вручную.

Для точного деления, наоборот, червяк вводят в зацепление с червячным колесом и поворот шпинделя осуществляют предварительно (грубо) маховичком и окончательно (точно) маховичком, а отсчет угла поворота в этом случае производят с помощью оптической системы с окуляром по стеклянному делительному диску, также, закрепленному на шпинделе. После поворота шпиндель закрепляется рукояткой.

Оптическая система состоит из микроскопа с окуляром, лампочки, отражающей пластинки, на которой нанесена шкала с 60 делениями для отсчета минут, и делительного диска с 360 делениями для отсчета градусов.

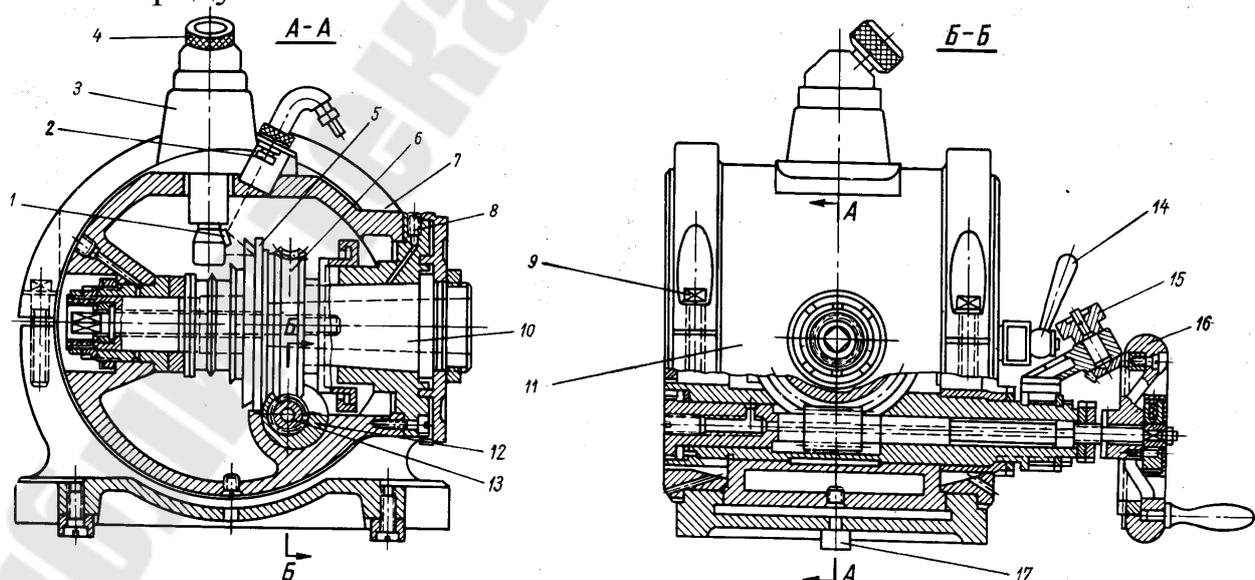


Рисунок 12.11 – Оптическая делительная головка

Шпиндель (смонтирован в поворотном корпусе), который может поворачиваться в вертикальной плоскости совместно со шпинделем относительно основания головки на $+100^\circ$ и -10° с точностью отсчета этого поворота $\pm 6'$. В установленном положении корпус закрепляется в подшипниках основания болтами. Направляющие шпонки служат для правильной установки головки на столе станка.

Настройка делительных головок. Непосредственный метод деления. Для настройки универсальной делительной головки для непосредственного метода деления необходимо вывести червяк из зацепления с червячным колесом, установить защелку против нужного ряда отверстий (24, 30 и 36) делительного диска 8 закрепленного непосредственно на шпинделе 6 делительной головки (рисунок 12.12).

По делительному ряду с 24 отверстиями можно делить обрабатываемую деталь на 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 части, по ряду с 30 отверстиями дополнительно на 5, 10, 15 и 30 частей и по ряду с 36 отверстиями деталь можно делить на 9, 18 и 36 частей. Деление на 2, 3 и 6 частей можно выполнить по любому ряду отверстий.

Расчет поворота шпинделя головки производится по формуле:

$$k = K/z,$$

где k — число отверстий делительного ряда, на которое надо повернуть делительный диск относительно защелки; K — полное число отверстий делительного ряда; z — заданное число делений.

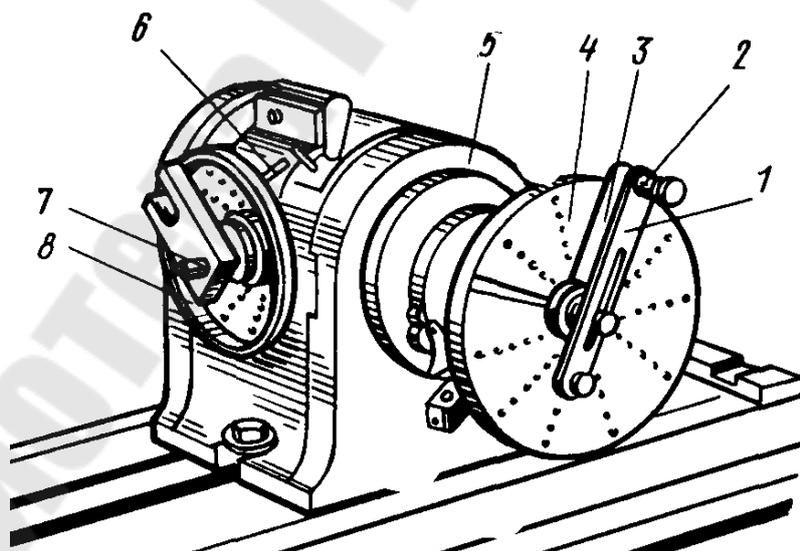


Рисунок 12.12 – Кинематическая схема универсальной делительной головки при делении непосредственным методом

Простой метод деления. Для деления простым методом червяк должен находиться в зацеплении с червячным колесом, гитара смен-

ных колес, связывающая шпиндель с валом, отключена или снята, а делительный диск Д2 неподвижно зафиксирован стопором.

Деление производится поворотом рукоятки Р с защелкой относительно неподвижного делительного диска Д2, имеющего несколько окружных делительных рядов отверстий. Простым методом можно поделить обрабатываемую деталь на любое количество равных частей (до 50). На большее количество частей простым методом можно точно делить только в том случае, если число делений z при сокращении с характеристикой N делительной головки дает неправильную дробь, числитель которой не более 50 (рисунок 12.13).

Так как числа зубьев колес Z_1 и Z_2 равны, необходимый поворот n рукоятки Р определяется по формуле: $n = N/z$.

Для деления, например, на 34 равные части имеем:

$$n = 40/34 = 1 \times 6/34 = 1 \times 3/17.$$

Это значит, что рукоятку Р надо повернуть на один полный оборот и еще на 3/17 оборота. Эту часть поворота отсчитывают по делительному диску Д2. Защелку устанавливают по кругу с 17 отверстиями.

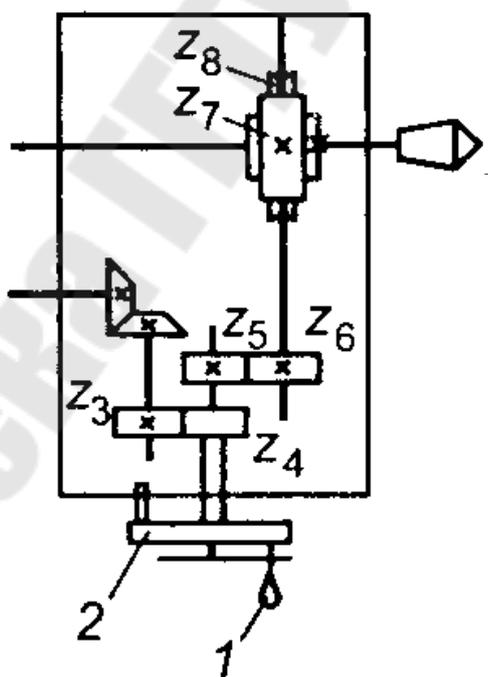


Рисунок 12.13 – Кинематическая схема универсальной делительной головки при делении простым методом

Дифференциальный метод деления. Для деления дифференциальным методом червяк делительной головки вводится в зацепление с червячным колесом, стопор отводится назад, освобождая делитель-

ный диск Д2, а шпиндель связывается с валиком сменными зубчатыми колесами a, b, c и d (рисунок 12.14).

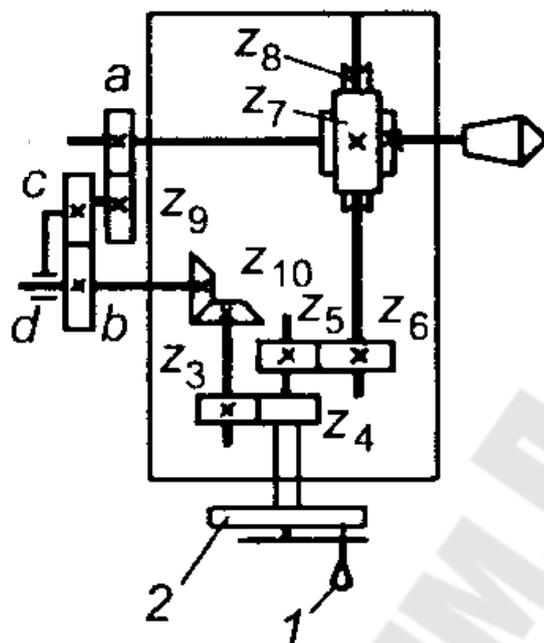


Рисунок 12.14 – Кинематическая схема универсальной делительной головки при делении дифференциальным методом

Число оборотов рукоятки P определяют так же как и при простом методе, но не для требуемого числа делений z , а для достаточно близкого к нему числа делений z_x , для которого применимо простое деление. Для компенсации полученной при этом погрешности необходимо подобрать также числа зубьев сменных колес a, b, c и d дифференциальной гитары, чтобы диск Д2 повернулся в нужном направлении на величину допущений угловой ошибки поворота рукоятки P . Передаточное отношение i_x дифференциальной гитары определяется по формуле: $i_x = N/z_x \times (z_x - z)$.

Передаточное отношение i_x может быть положительным и тогда направления вращения рукоятки P и диска Д2 должны совпадать; оно может быть отрицательным и тогда рукоятка P и диск Д2 должны вращаться в противоположных направлениях. Нужное направление вращения диска Д2 обеспечивается установкой в дифференциальной гитаре паразитных колес.

Нарезание винтовых канавок (рисунок 12.15). Настройка универсальной делительной головки и станка для нарезания на обрабатываемой детали z винтовых канавок дисковой фрезой состоит из трех элементов: настройки винторезной цепи, которая связывает посредством сменных колес ходовой винт продольной подачи универсально-фрезерного станка со шпинделем делительной головки;

настройки делительной цепи простым методом для нарезания на детали z канавок и установки стола станка под углом, равным углу наклона винтовых канавок.

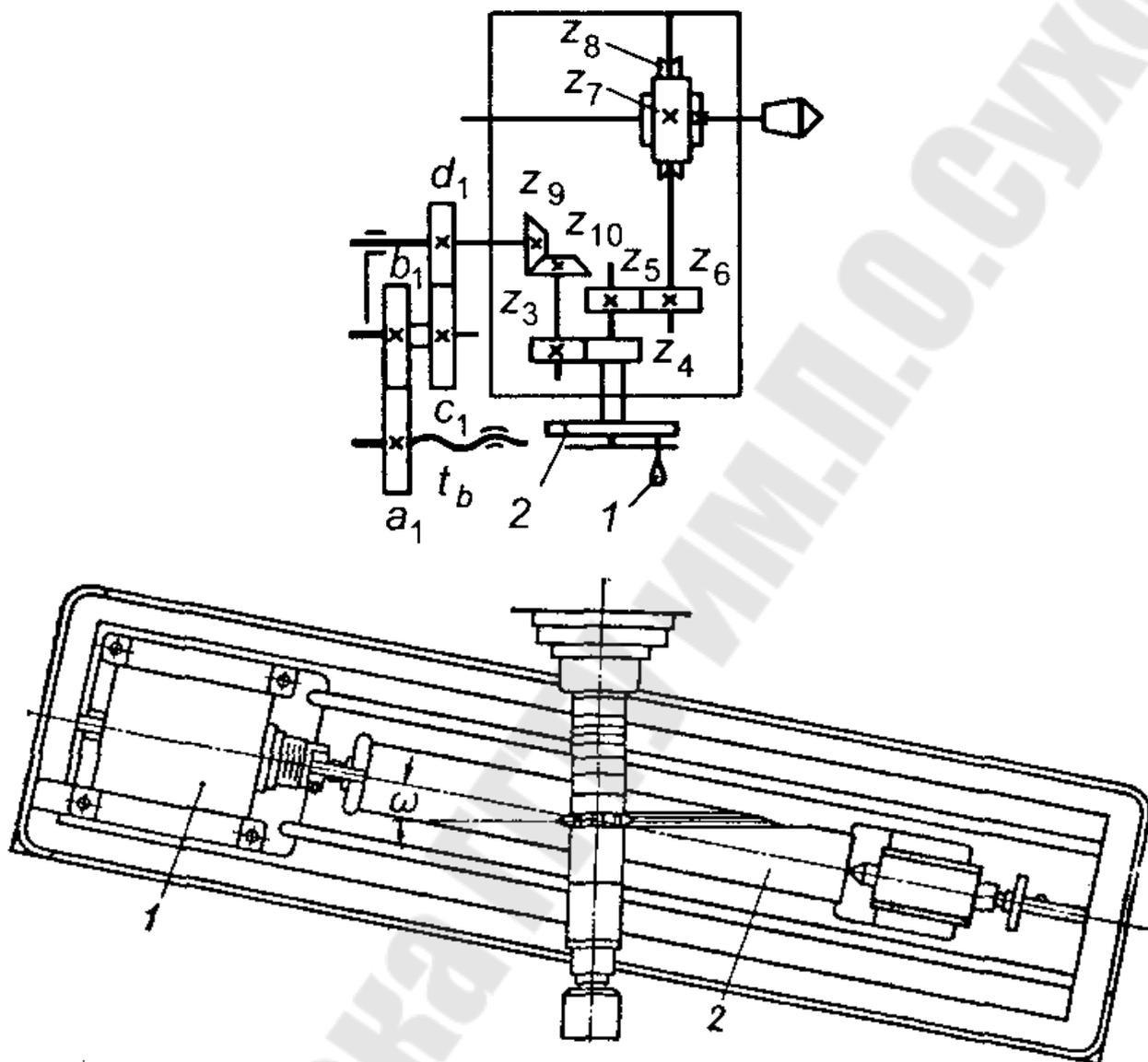


Рисунок 12.15 – Схема нарезания винтовых канавок с помощью универсальной делительной головки

Подбор сменных колес винторезной цепи производится по формуле: $a/b \times c/d = N \times t_x/T$, где N — характеристика головки; t_x — шаг ходового винта продольной подачи станка в мм; T — шаг винтовой линии нарезаемой канавки в мм.

12.5. Бесконсольно-фрезерные вертикальные станки

Бесконсольно-фрезерный станок модели 6A54 вертикальной компоновки предназначен для скоростного фрезерования крупногабаритных деталей в основном торцовыми фрезами в условиях инди-

видуального и серийного производства.

Техническая характеристика станка

- размеры рабочей поверхности стола в мм:
 - ширина 650;
 - длина 2200;
- максимальное продольное перемещение стола в мм 2250;
- расстояние от оси шпинделя до направляющих стойки в мм 630;
- число скоростей вращения шпинделя 16;
- пределы чисел оборотов шпинделя в минуту 40—1250;
- мощность главного электродвигателя в кВт 37;
- количество скоростей подач 16;
- пределы скоростей подач стола в мм/мин:
 - продольных 50—1600;
 - поперечных 25—800;
- пределы скорости установочных перемещений шпиндельной бабки в мм/мин 16,6—533;
- мощность электродвигателя привода подач в кВт 4,2;
- скорость быстрых перемещений стола в мм/мин:
 - продольных 2300;
 - поперечных 1150;
- скорость быстрого перемещения шпиндельной бабки в мм/мин 770;
- мощность электродвигателя привода быстрых перемещений стола и шпиндельной бабки в кВт 6.

Основные узлы станка (рисунок 9.16): шпиндельная бабка с коробкой скоростей; стойка; стол; поперечные салазки; станина с коробкой подач.

Движения в станке: главное движение – вращение шпинделя с инструментом; движение подачи – продольное и поперечное перемещение стола с заготовкой; вспомогательные движения: вертикальное перемещение шпиндельной бабки, быстрые перемещения стола, установочные ручные перемещения стола и гильзы шпинделя.

Кинематика станка (рисунок 12.17). Привод главного движения шпинделя заимствует движение от главного электродвигателя и передается через коробку скоростей.

Конечные звенья цепи главного движения вертикального шпинделя станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n об/мин шпинделя станка.

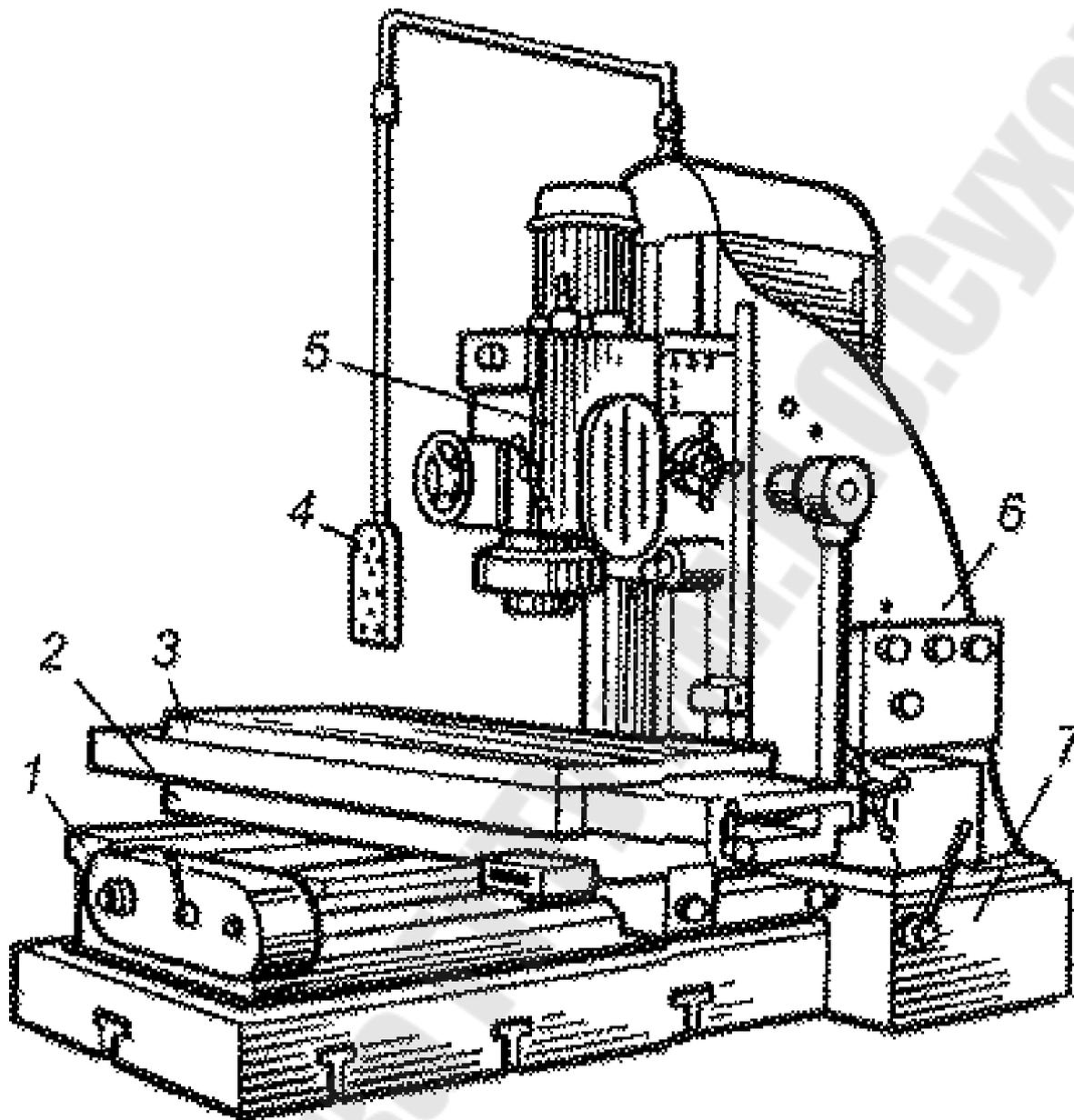


Рисунок 12.16 – Общий вид бесконсольного вертикально-фрезерного станка

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кс} \cdot i_{nn} = n_{шп.станка}.$$

Продольная и поперечная подача стола заимствуется от второго электродвигателя и передаётся через коробку подач, передачу винт-гайка поперечной подачи стола станка и червячно-реечную передачу продольной подачи стола станка.

Конечные звенья цепи движения подач узлов станка: электродвигатель – стол и салазки станка.

станка: электродвигатель – шпиндельная бабка станка.

Расчетное перемещение цепи движения подачи шпиндельной бабки станка:

n об/мин эл. дв. $\rightarrow S$ мм/мин шпиндельной бабки станка.

Уравнение кинематического баланса цепей движения подачи шпиндельной бабки станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кп} \cdot i_{пн} \cdot \pi \cdot m \cdot z = S_{шп.бабки}$$

Принцип работы станка. Обрабатываемая деталь закрепляется на столе станка. В шпинделе укрепляется фреза. Настройка на размер по высоте производится перемещением шпиндельной бабки. Окончательная точная настройка на размер осуществляется перемещением гильзы шпинделя.

Зажим поперечных салазок, шпиндельной бабки и гильзы производится автоматически, в момент пуска станка от гидравлической системы. На станке возможна работа по полуавтоматическому циклу: быстрый подвод, рабочая подача, быстрый отвод в исходное положение и «стоп».

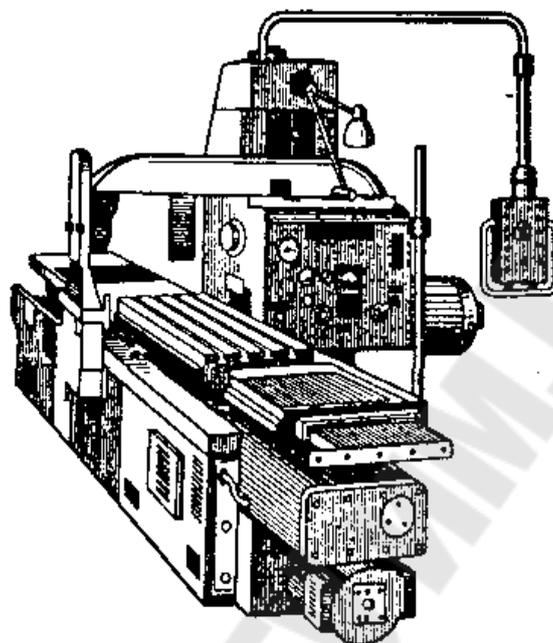
При обратном отводе стола с изделием для предохранения обработанной поверхности от повреждения фрезой последняя совместно с гильзой шпинделя приподнимается на 5 мм.

Конструктивные особенности. К специфическим особенностям конструкции станка модели 6А54, делающим его особо пригодным для скоростных методов обработки, относятся: значительная мощность и достаточная быстроходность как привода движения резания, так и привода подачи; массивность станины, стойки и стола; отсутствие консоли; применение червячно-реечного привода для продольной подачи стола, обладающего высокой жесткостью; наличие тяжелого маховика на шпинделе фрезерной бабки.

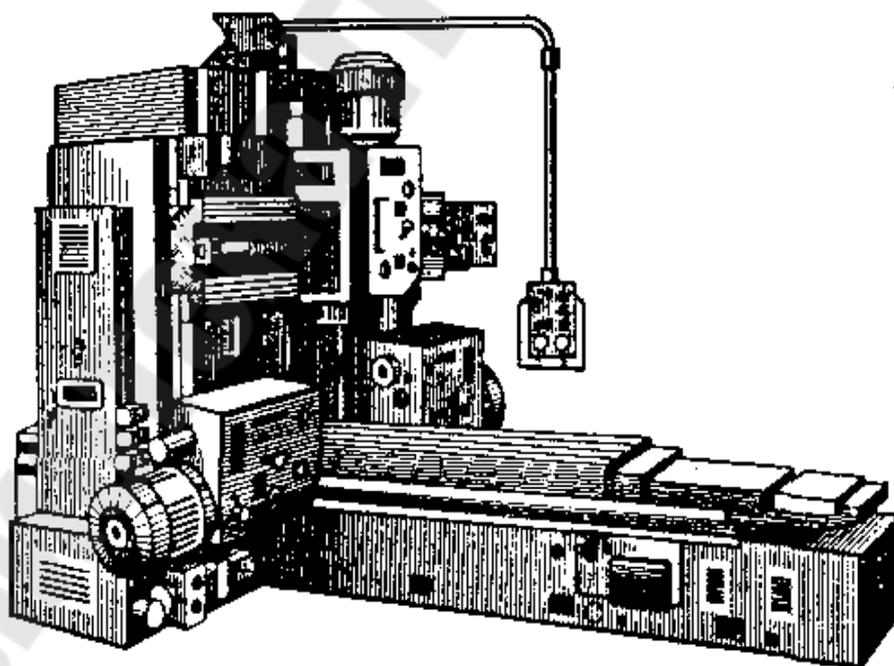
Для сокращения вспомогательного времени при обработке деталей на станке предусмотрено автоматически действующее зажимное устройство для закрепления поперечных салазок, шпиндельной бабки и гильзы шпинделя; установлен самостоятельный привод быстрых перемещений всех рабочих органов станка; применены гидрофицированные с предварительным выбором скорости однорукояточные механизмы управления коробкой скоростей и коробкой подач; предусмотрен указатель для точной установки гильзы со шпинделем по высоте; обеспечено быстрое торможение привода движения резания.

12.6. Продольно-фрезерные станки

Продольно-фрезерные станки или бесконсольные горизонтально-фрезерные станки выпускаются одностоечные и двухстоечные (рисунок 12.18), одношпиндельные и многошпиндельные (рисунок 12.19).



а)



б)

Рисунок 12.18 – Общий вид продольно-фрезерного одностоечного (а) и двухстоечного (б) станков

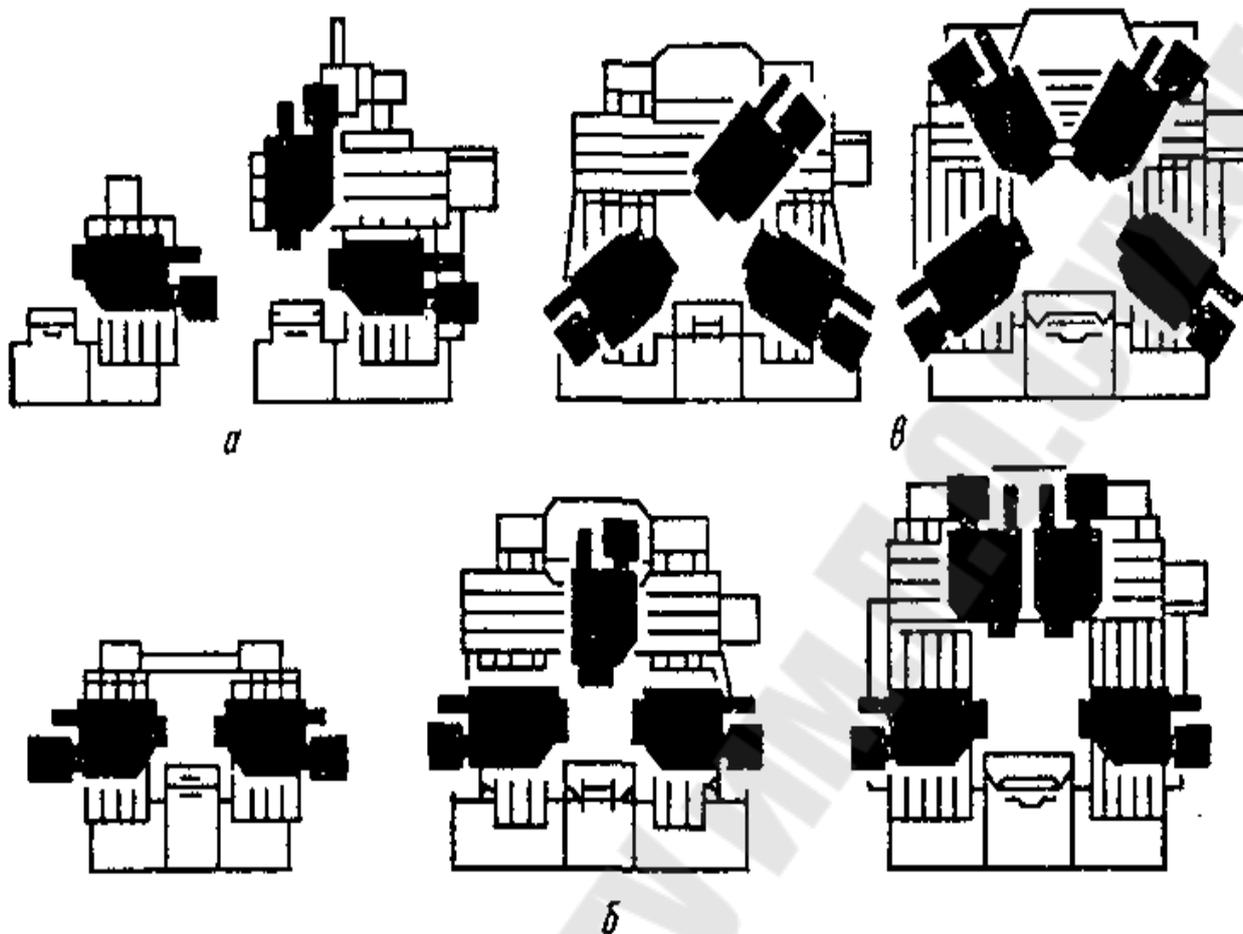


Рисунок 12.19 – Схемы компоновок продольно-фрезерных станков:
 а – одностоечных; б, в – двухстоечных

Продольно-фрезерный станок модели А662 или бесконсольный горизонтально-фрезерный станок предназначен для фрезерования одновременно с двух сторон плоских поверхностей тяжелых деталей торцовыми, цилиндрическими и концевыми фрезами в условиях серийного и массового производства. На станке можно одновременно обрабатывать группу деталей средних размеров.

Техническая характеристика станка

- рабочая поверхность стола в мм 450x1600;
- наибольший продольный ход стола в мм 1500;
- расстояние от оси шпинделя до поверхности стола в мм:
 наибольшее 400;
 наименьшее 115;
- расстояние между головками шпинделя в мм:
 наибольшее 650;
 наименьшее 300;

- расстояние от оси шпинделя до хобота в мм 195;
- число скоростей вращения каждого шпинделя 12;
- пределы чисел оборотов шпинделей в минуту 30—375;
- количество скоростей подач стола 12;
- пределы скоростей подач стола в мм/мин 36,5—475;
- скорость быстрого перемещения стола в мм/мин 3750;
- мощность в кВт:
 - главного электродвигателя 6;
 - привода быстрых перемещений стола 2,3;
 - привода подач 1,7.

Основные узлы станка (рисунок 12.20): станок смонтирован из отдельных агрегатных узлов: двух стоек; шпиндельные бабки; поперечная балка; траверса; стол; станина; пульт управления.

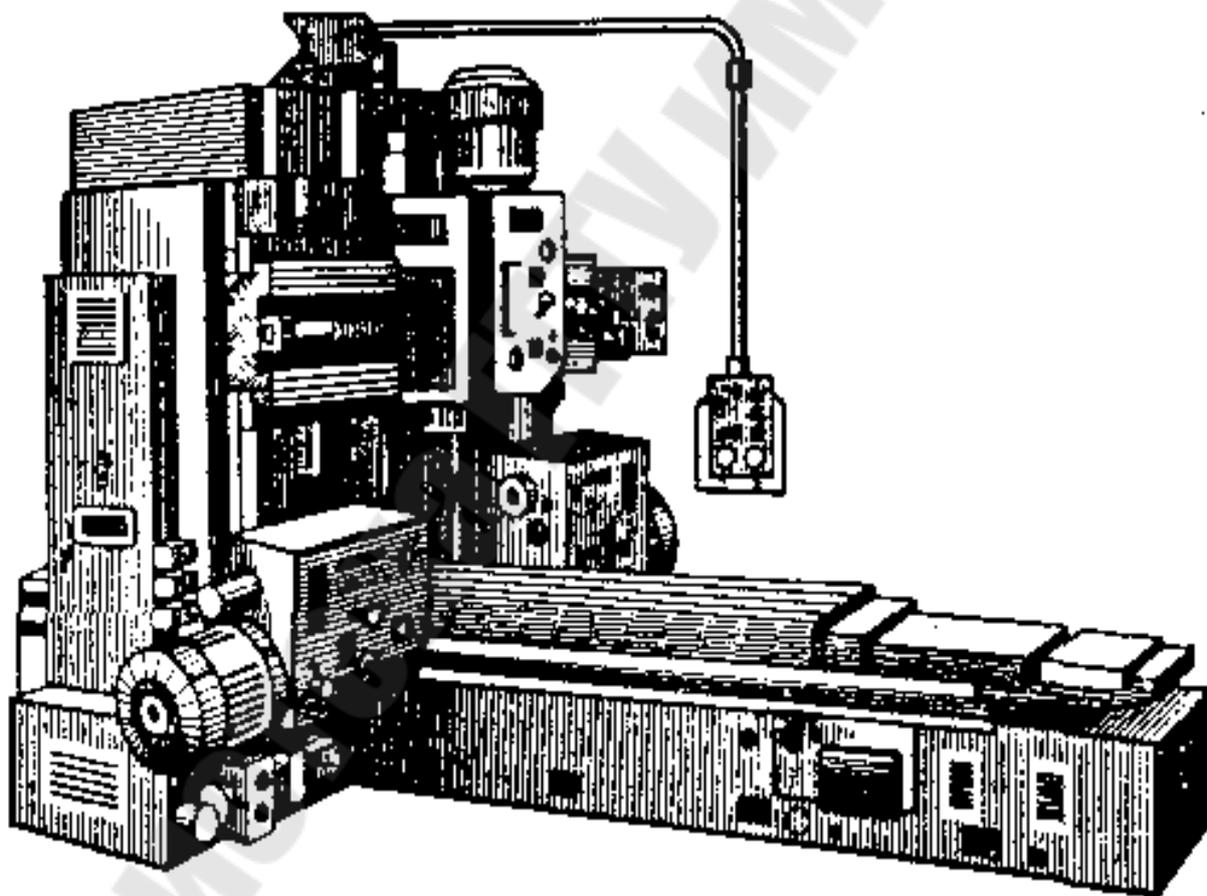


Рисунок 12.20 – Общий вид продольно-фрезерного двухстоечного станка

Движения в станке. Движения резания — вращение каждого из двух шпинделей с фрезами. Движение подачи — продольное поступательное перемещение ствoла с заготовкой. Вспомогательные дви-

жения — быстрое перемещение стола, ручные установочные вертикальные перемещения шпиндельных бабок и ручные поступательные перемещения гильз со шпинделями вдоль оси.

Кинематика станка (рисунок 12.21): Привод главного движения каждого шпинделя заимствуется от отдельного электродвигателя и передаётся через отдельную коробку скоростей.

Конечные звенья цепи главного движения шпинделя станка: электродвигатель – шпиндель станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. → n об/мин шпинделя станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кс} \cdot i_{nn} = n_{шп.станка}.$$

Продольная подача стола станка заимствуется от второго электродвигателя и передаётся через коробку подач и передачу винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения подач стола станка: электродвигатель – стол станка.

Расчетное перемещение цепи движения подач стола станка:

n об/мин эл. дв. → S мм/мин стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепей движения подач стола станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кп} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S_{ст.продол}$$

Принцип работы станка. Обрабатываемые детали закрепляют на столе, которому сообщается поступательное движение только в продольном направлении.

В двух горизонтальных шпинделях, смонтированных в выдвижных гильзах, расположенных в шпиндельных бабках, могут быть закреплены различные типы фрез.

Настройка станка в соответствии с конфигурацией и размерами обрабатываемой детали производится перемещением шпиндельных бабок в вертикальных направлениях и шпиндельных гильз в горизонтальных направлениях вдоль оси.

Станок позволяет работать по полуавтоматическому циклу: быстрый подвод — рабочая подача — быстрый отвод в исходное положение и остановка. Для этой цели предусмотрен командоаппарат и переставные кулачки, расположенные в боковом пазу стола.

Конструктивные особенности. Основные узлы и механизмы станка максимально унифицированы, что обеспечивает удобное его обслуживание и ремонт.

При соосном расположении бабок хоботы станка соединяют, что значительно увеличивает жесткость системы. При обработке высоких деталей хоботы разъединяют.

Шпиндельные бабки имеют независимые приводы вертикальных перемещений и в зависимости от конфигурации обрабатываемых заготовок могут быть установлены как на одной высоте, так и на разных уровнях.

12.7. Фрезерные станки непрерывного действия

Карусельно-фрезерные станки предназначены для обработки плоскостей литых, кованных и штампованных деталей по методу непрерывного торцового фрезерования.

Фрезерные станки непрерывного действия делят на карусельные и барабанные (рисунок 12.22).

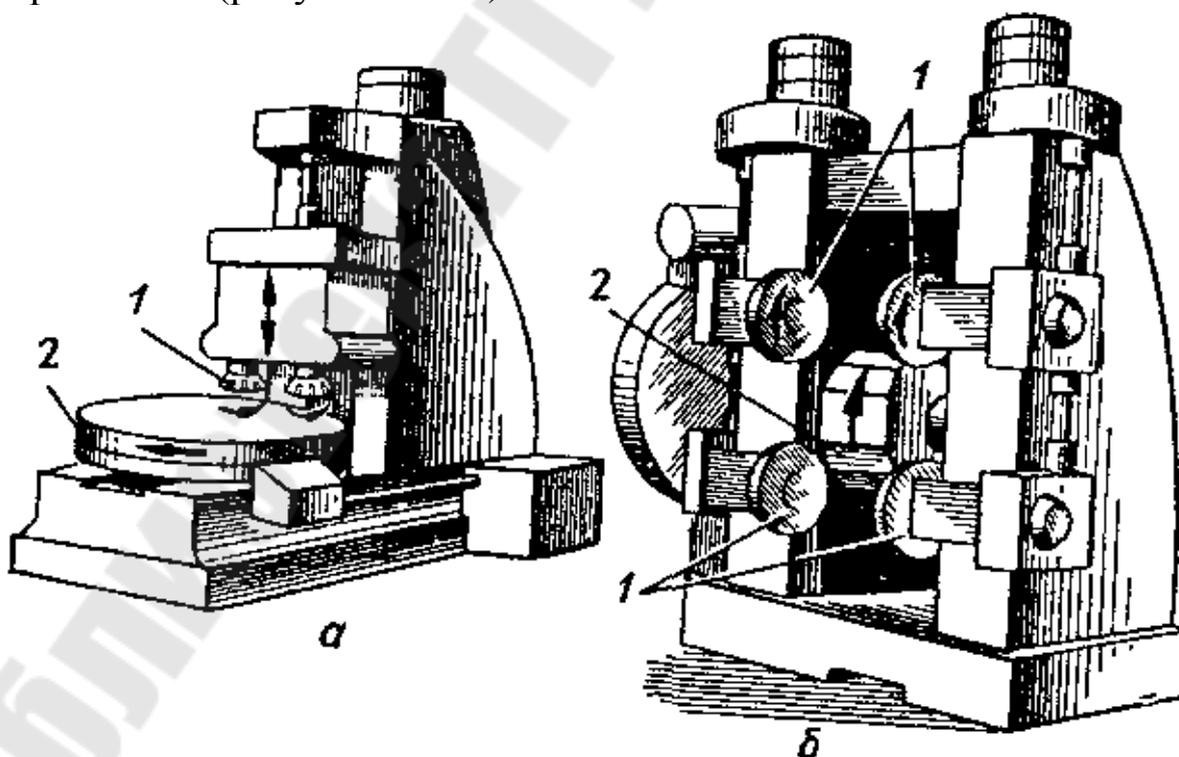


Рисунок 12.22 – Фрезерные станки непрерывного действия

Рассмотрим подробно карусельно-фрезерный двухшпиндельный станок вертикальной компоновки (рисунок 12.23).

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.

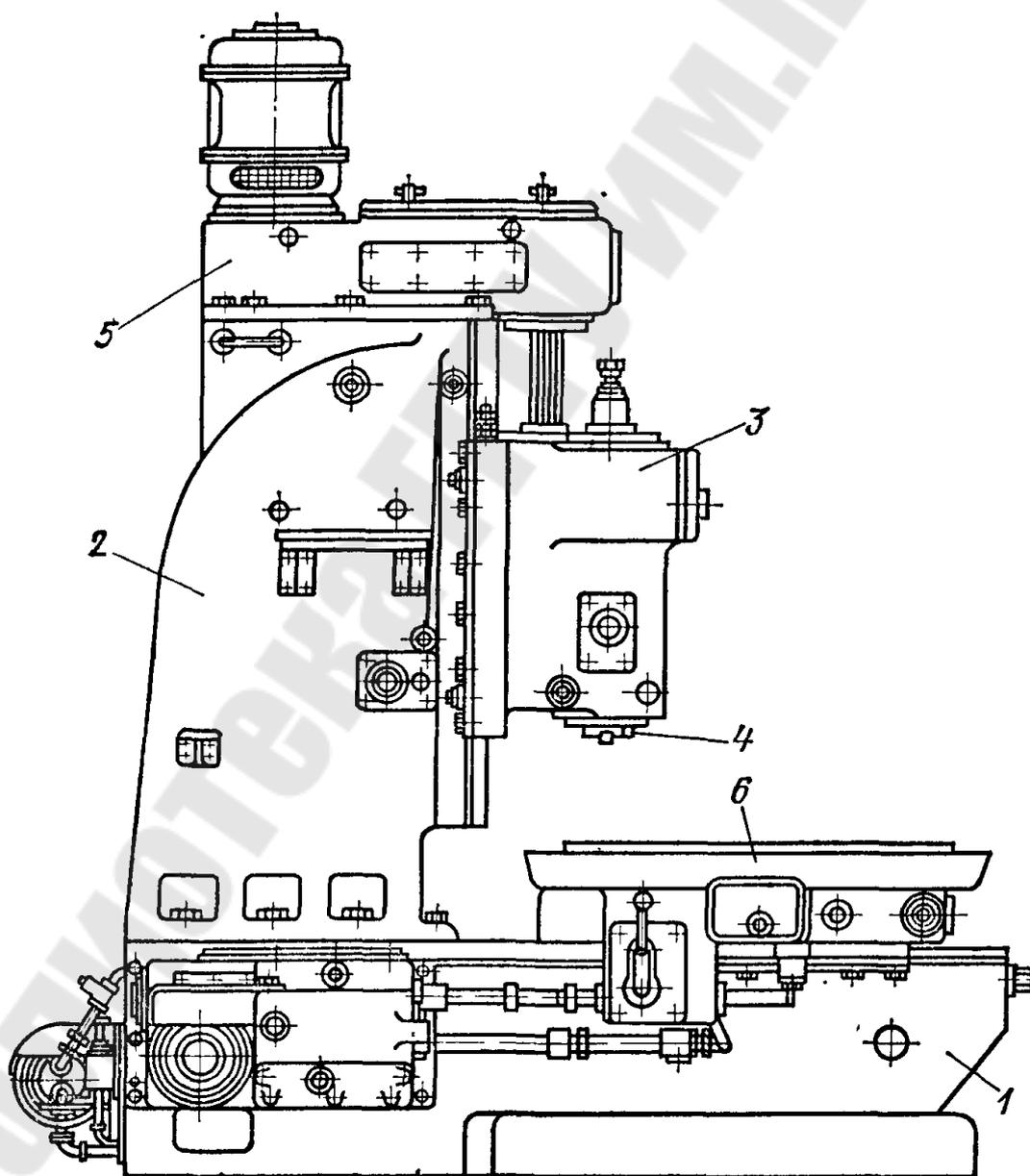


Рисунок 12.23 – Общий вид карусельно-фрезерного станка

Кинематика станка (рисунок 12.24): 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 .

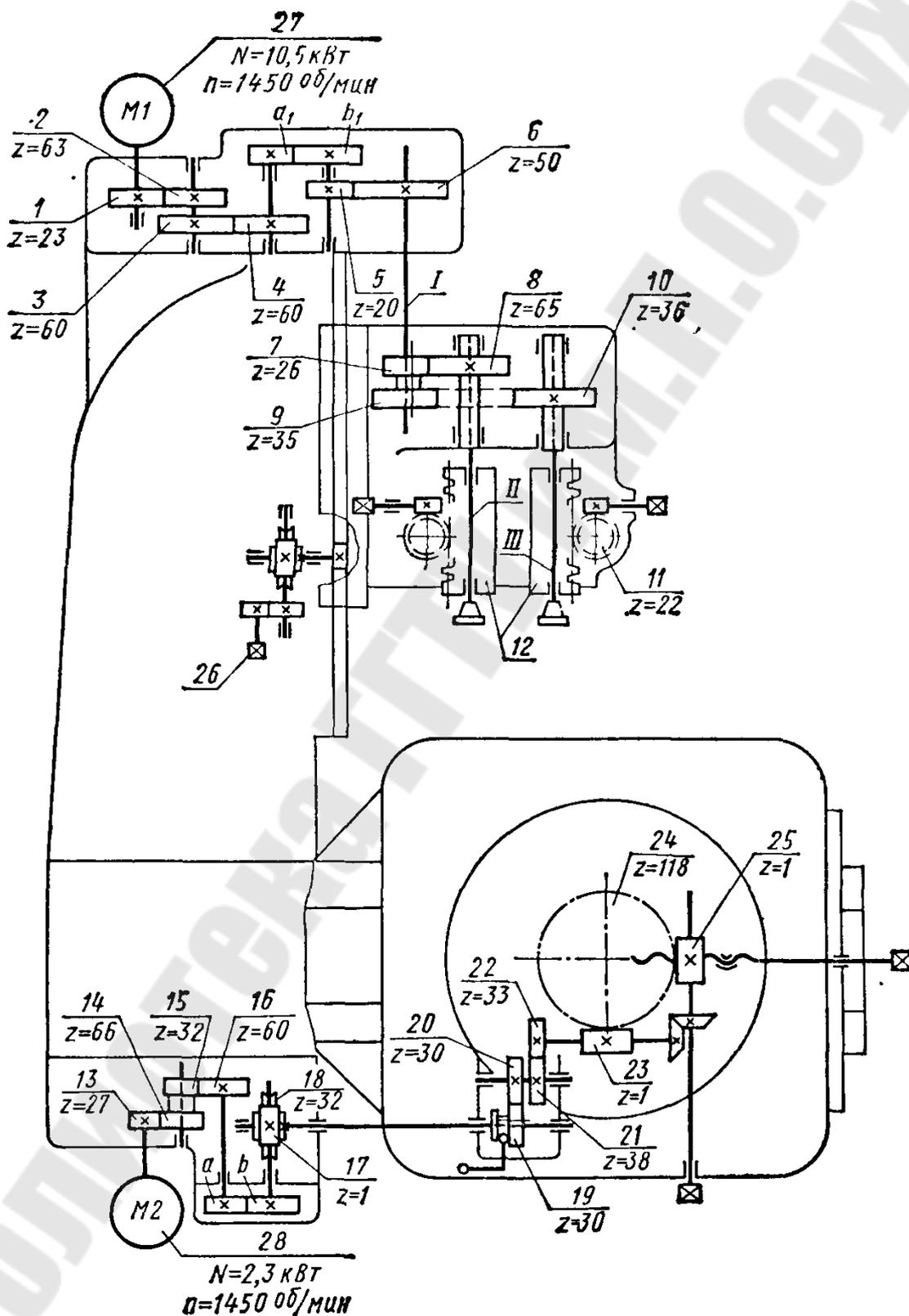


Рисунок 12.24 – Кинематическая схема карусельно-фрезерного станка

Вертикальный вал 1 проходит внутри шлицевой втулки с насаженными на ней косозубыми колесами 7 и 9. Первое связано с колесом черного шпинделя, второе — с колесом чистового шпинделя. 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 а/в. Подача выключается выводом из зацепления зубчатых колес 19 и 20. Ручной поворот стола производится при помощи червяка 25 при выключенной подаче.

12.8. Фрезерные станки с ЧПУ

Фрезерные станки с ЧПУ предназначены для фрезерования поверхностей планок, рычагов, крышек, корпусов и кронштейнов простой конфигурации; контуров сложной конфигурации (типа кулачков, шаблонов и т.д.); поверхностей корпусных деталей. Технологические возможности станков фрезерной группы определяются конструкцией, компоновкой, классом точности станка и технической характеристикой системы ЧПУ. На фрезерных станках можно производить фрезерование (цилиндрическими, концевыми, фасонными фрезами); растачивание; сверление; зенкерование и развертывание.

По компоновке станки делятся на: консольно-фрезерные (6Р13Ф3, 6Р13РФ3 и др.), бесконсольные (6560Ф3, 6520Ф3, МА655Ф3 и др.) продольно-фрезерные (6М610Ф3-1 и др.). Выпускают станки с вертикальным и горизонтальным расположением шпинделя; с ручной и автоматической сменой инструмента; одношпиндельные и многошпиндельные; с числом управляемых координат 3 и более. Станки обладают высокой жесткостью и точностью. Станины станков могут воспринимать большие статические и динамические нагрузки, корпусные детали выполняют с ребрами жесткости. В станках монтируют прецизионные ходовые виты. В тяжелых станках применяют направляющие качения. Станки обеспечивают одинаковую точность обработки как при попутном, так и при встречном фрезеровании, т.к. коробки подач оснащены устройством для выбора зазоров.

Особенностью консольно-фрезерных станков является возмож-

ность перемещения стола (шириной 200, 250, 328 и 400 мм) по трем координатным осям X, Y и Z. Эти станки, предназначенные для обработки заготовок небольших размеров, выпускают классов точности Н и П.

В бесконсольных станках стол (шириной 250, 450 и 630 мм) перемещается в горизонтальной плоскости, а фрезерная головка - в вертикальной плоскости.

Продольно-фрезерные станки (с шириной стола 400-5000 мм) выпускают следующих видов; одностоечные (с горизонтальной или вертикальной ползунковой бабкой, перемещающейся на неподвижной или подвижной поперечине), двухстоечные (с подвижной или неподвижной поперечиной). Современные фрезерные станки оснащают контурными УЧПУ (мод. НЗЗ-1М, НЗЗ-2М, Н55-1 и др.) с линейно-круговой интерполяцией.

Во многих одношпиндельных фрезерных станках с ЧПУ используется механизированный зажим инструмента. Инструмент устанавливают и крепят в шпинделе станка с помощью патронов и оправок, которые позволяют точно устанавливать вылет инструмента.

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6Р13РФ3 предназначен для обработки плоских и пространственных деталей сложного профиля (штампов, пресс-форм, кулачков и т. д.) в единичном и мелкосерийном производстве торцовыми и концевыми фрезами, а также сверлами, зенкерами и развертками, установленными в револьверной головке.

Техническая характеристика станка

- рабочая поверхность стола, мм:
 - длина 1600;
 - ширина 400;
- число инструментов в револьверной головке 5;
- число частот вращения шпинделя 18;
- частота вращения шпинделя 40-2000 об/мин;
- рабочая подача по осям координат, мм/мин: X 8-1200; Z 8-800;
- скорость быстрого перемещения по осям координат X, Y, Z, мм/мин 4000.

Основные узлы станка (рисунок 12.25): основание; станина; стол; шпиндельная бабка; консоль; поперечные салазки; шкаф с электрооборудованием и УЧПУ.

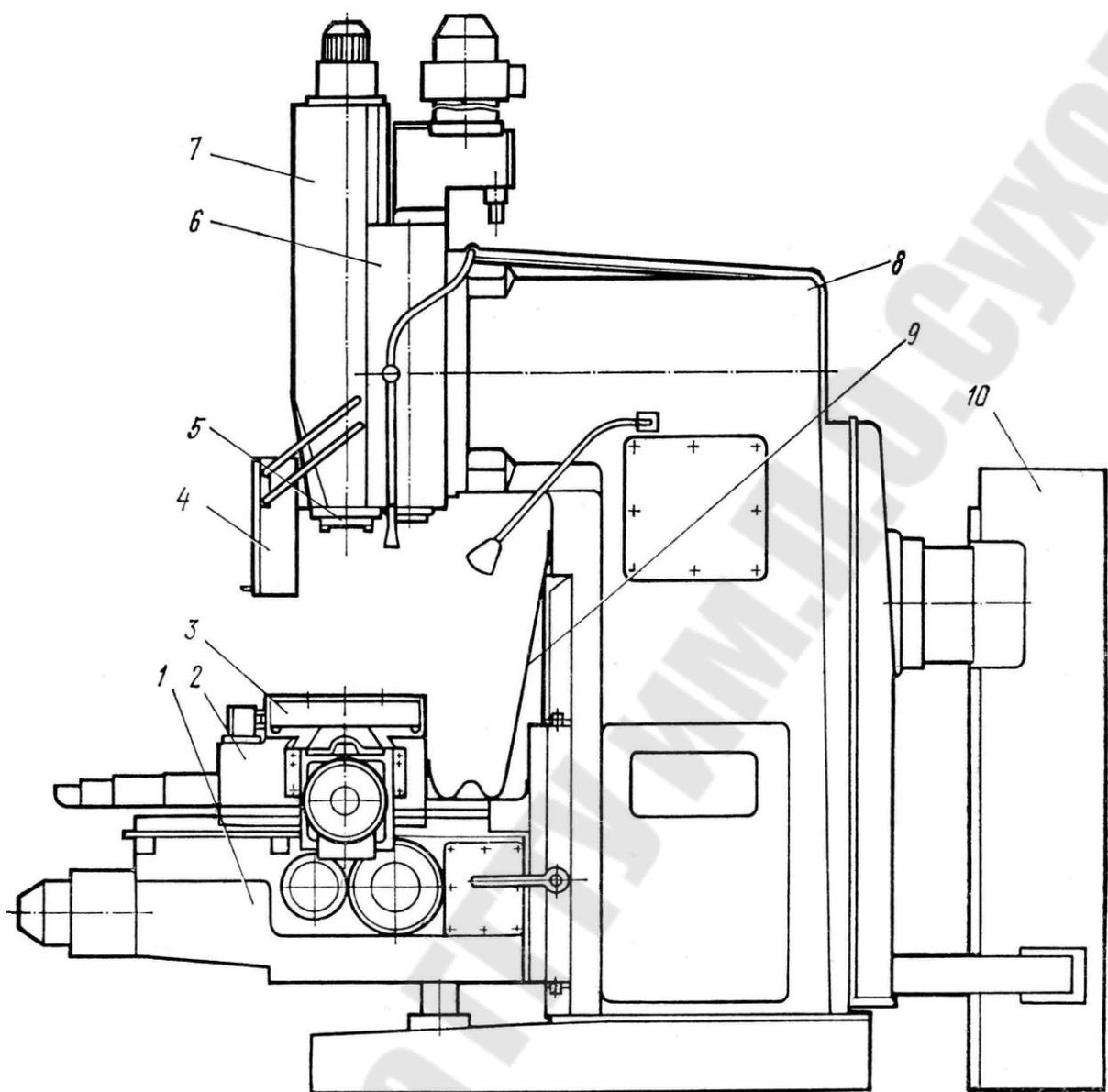


Рисунок 12.25 – Общий вид вертикально-фрезерного станка с ЧПУ

По программе осуществляется автоматический поворот револьверной головки с инструментом, выбор частоты вращения каждого шпинделя головки, зажим консоли и т. д.

Движения в станке и кинематика станка (рисунок 12.26). Главное движение — вращение шпинделей револьверной головки — осуществляется от электродвигателя постоянного тока М1 через упругую соединительную муфту и зубчатые колеса механизма коробки скоростей и револьверной головки. Разную частоту вращения шпинделя получают путем изменения задающего напряжения для тиристорного преобразователя по программе, а также передвижением зубчатых блоков Б1 и Б2 с помощью гидроцилиндров. В результате, шпинделю сообщают 18 частот вращения в пределах 40-2000 об/мин, переключо-

чаемых в автоматическом цикле.

Пятишпindelная револьверная головка состоит из основания, к которому полукольцами прижата поворотная плита. К торцу поворотной плиты привернуты пять шпindelных корпусов. Центральный вал VI поворотной плиты крестовой муфтой соединен с выходным валом V коробки скоростей. На валу VI закреплено ведущее колесо $z = 34$ с направляющим 34 зубчатым диском. Вращение от этого колеса через передачу — и коническую пару — или — получает лишь шпindel VIII, который находится в исходном для работы положении; остальные четыре шпинделя выключены.

Продольная, поперечная, вертикальная и ускоренные подачи стола по трём координатам осуществляется от отдельных шаговых электродвигателей и передачи винт-гайка качения.

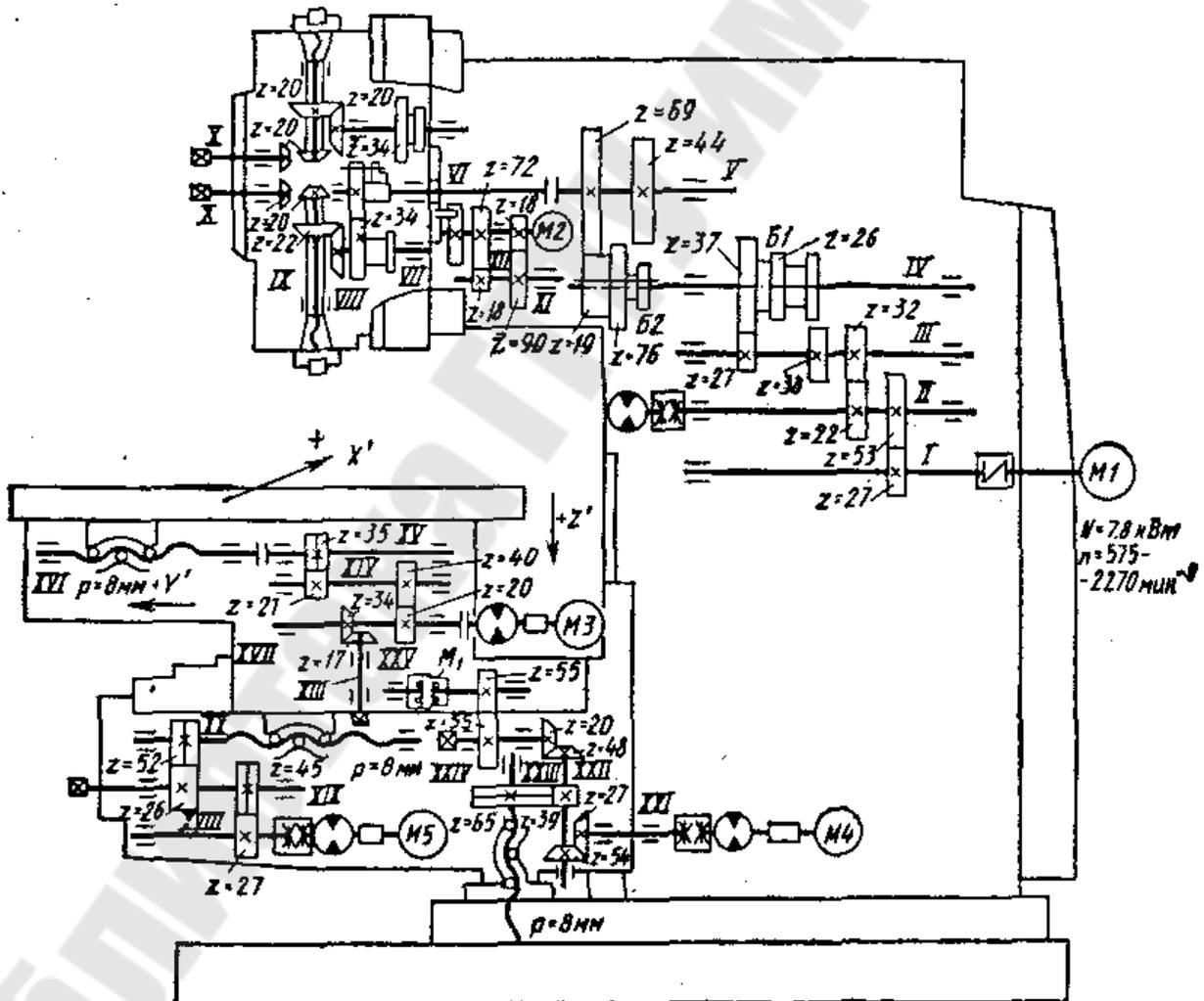


Рисунок 12.26 – Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка с ЧПУ

13. СТРОГАЛЬНЫЕ, ДОЛБЕЖНЫЕ И ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ

Группа строгальных, долбежных и протяжных станков единственная, в которой главное движение является прямолинейным. На строгальных и долбежных станках обработка ведется резцами, на протяжных - протяжками.

Строгальные станки разделяют на продольно-строгальные (одно- и двухстоечные) и поперечно-строгальные, главное движение сообщается заготовке, а в поперечно-строгальных - инструменту. Станки эффективны при обработке длинных узких поверхностей, особенно, сквозных, прямых канавок и пазов; получают на них и фасонные линейные наружные поверхности. Преимуществом строгальных станков, по сравнению с фрезерными станками, является простота конструкции инструмента, что важно для единичного и мелкосерийного производства. Основным недостатком станков данной группы - возвратно-поступательный характер главного движения. Наличие обратного (вспомогательного хода), даже ускоренного, и неблагоприятные динамические явления в процессе реверсирования снижают производительность.

Протяжные станки предназначены для обработки протяжками внутренних и наружных линейных поверхностей с разнообразными профилями. Для обработки достаточно одного прямолинейного движения со скоростью инструмента или заготовки. Разделение припуска на срезаемые слои достигается подъемом зубьев протяжки по длине. За счет усложнения инструмента упрощена конструкция станков и достигнута высокая производительность и высокая точность обработки. Эти станки применяют преимущественно в массовом и серийном производстве.

Долбежные и протяжные станки особенно удобны для обработки сложных внутренних поверхностей.

Различают протяжные станки: общего назначения и специальные; для внутреннего или наружного протягивания; горизонтальные и вертикальные; обычные (с обратным ходом) и непрерывного действия (с движением зубьев по замкнутому контуру).

Протяжные станки характеризуются номинальной тяговой силой (50-1000 кН) и наибольшей длиной хода протяжки (1000-2000 мм).

Долбежные станки выпускают с наибольшим ходом ползуна 100—1600 мм, с диаметром стола 240 — 1600 мм. Движение ползуна осуществляется механическим и гидравлическим приводами. Меха-

нический привод осуществляется при помощи вращательной кулисы, приводимой в движение в большинстве случаев от многоскоростных электродвигателей.

В станине расположены все механизмы станка. В ее вертикальных направляющих движется ползун, совершающий вниз рабочий ход и вверх холостой ход. В резцедержателе зажат резец. Деталь устанавливают на столе, перемещающемся в направляющих. Стол, кроме того, может вращаться. В некоторых конструкциях предусмотрена возможность обработки плоскости под углом 60° к вертикали путем установки ползуна.

Возвратно-поступательное движение резца и подача стола осуществляются гидравлически или механически. Регулирование скорости бесступенчатое. Быстрые установочные перемещения стола в продольном, поперечном и круговом направлениях производятся от отдельного электродвигателя.

13.1. Продольно-строгальный станок модели 7231А

Продольно-строгальный двухстоечный станок модели 7231А предназначен для обработки горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей, а также линейчатых поверхностей у крупных деталей большой длины. На станке могут быть одновременно обработаны детали средних размеров, устанавливаемые рядами на столе.

Техническая характеристика станка

- размеры рабочей поверхности стола в мм 900x3000;
- расстояние между стойками в мм 1100;
- длина хода стола в мм:
 - наименьшая 300;
 - наибольшая 3100;
- наибольший вес обрабатываемого изделия в кг 5000;
- расстояние между осями вертикальных суппортов в мм:
 - наименьшее 290;
 - наибольшее 1710;
- наибольшие перемещения вертикальных суппортов в мм:
 - вертикальное 250;
 - горизонтальное 1420;
- наибольшие перемещения бокового суппорта в мм:
 - вертикальное 850;
 - горизонтальное 250;

- наибольший угол поворота суппортов в град ± 60 ;
- пределы скорости хода стола в м/мин 5—75;
- мощность главного электродвигателя в кВт 16,2;
- пределы величин подач вертикальных суппортов в мм/дв. ход:
 - горизонтальных 0,5—25;
 - вертикальных 0,125—6,25;
- пределы величин вертикальных подач бокового суппорта в мм/дв. ход 0,25—12,54
- скорость быстрых перемещений в мм/мин:
 - стола станка 2360;
 - вертикальных суппортов в горизонтальном направлении 590;
 - вертикальных суппортов в вертикальном направлении и бокового суппорта в вертикальном направлении 1180;
- мощность электродвигателей подач в кВт 1,7;
- наибольшее перемещение траверсы в мм 870;
- скорость перемещения траверсы в мм/мин 500;
- мощность электродвигателя траверсы в кВт:
 - привода перемещения 1,7;
 - привода зажима 1,7.

Основные узлы станка (рисунок 13.1): верхние суппорты; портал; коробка подач верхних суппортов; электрический привод движения резания; коробка подач бокового суппорта; боковой суппорт; станина; стол; боковые стойки; траверса.

Движения в станке. Движение резания — прямолинейное возвратно-поступательное движение стола совместно с обрабатываемой деталью. Движения подач — прерывистые поступательные перемещения верхних суппортов в поперечном, вертикальном и наклонном направлениях и бокового суппорта в вертикальном направлении. Вспомогательные движения: механизированные быстрые и ручные перемещения суппортов в указанных направлениях; ручное горизонтальное перемещение бокового суппорта; подъем и опускание траверсы; зажим траверсы на стойках и подъем резцовых головок при обратном ходе стола.

Кинематика станка (рисунок 13.2). Привод главного движения, т.е. возвратно-поступательного движения стола с заготовкой заимствуется от генератора-двигателя и передается через постоянные передачи и передачу червяк-рейка.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель — стол станка.

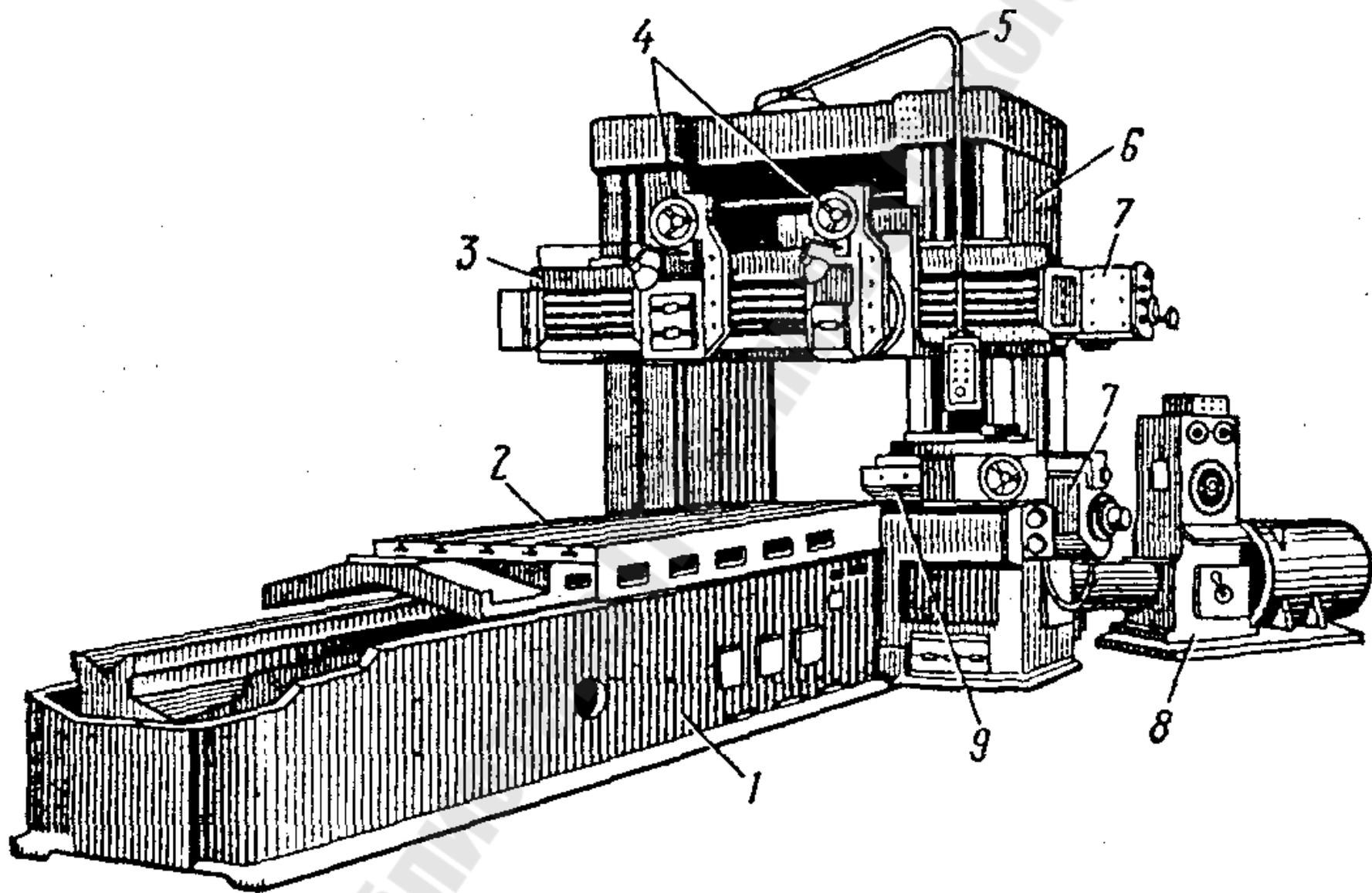


Рисунок 13.1 – Общий вид продольно-строгального станка

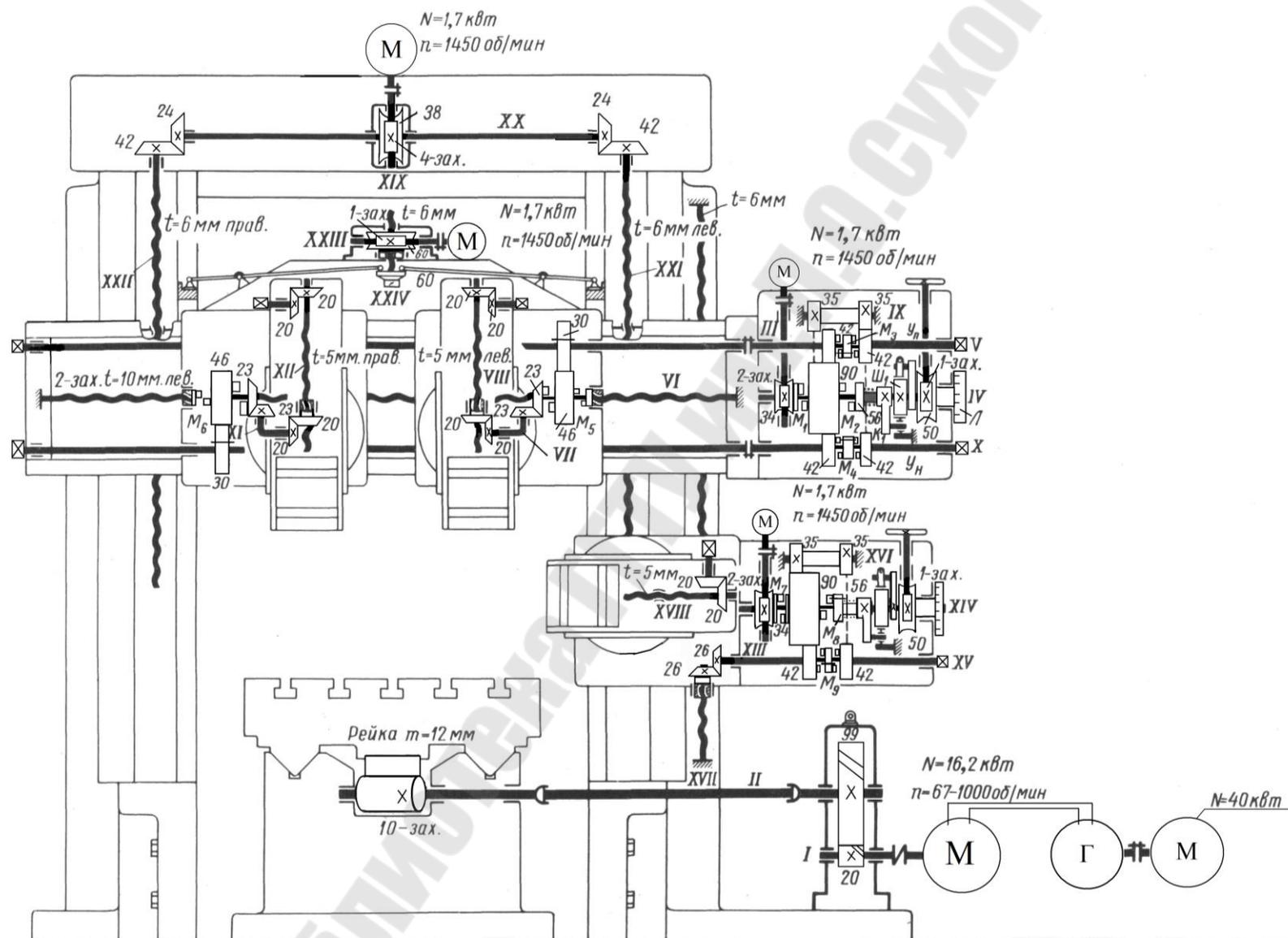


Рисунок 13.2 – Кинематическая схема продольно-строгального станка

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n дв. ход/мин стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot \pi \cdot m \cdot z = n_{дв.ход.ст.станка}.$$

Привод прерывистого перемещения суппортов заимствуется от отдельных электродвигателей и передается через промежуточные постоянные передачи, отдельные коробки подач, храповые механизмы и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения подач суппортов станка: электродвигатель – суппорта станка.

Расчетное перемещение цепи движения подач суппортов станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow S мм/мин суппортов станка.

Уравнение кинематического баланса цепей движения подач суппортов станка в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{xm} \cdot i_{nn} \cdot t_{хв} = S_{суппорт}$$

Принцип работы станка. Обрабатываемая деталь или ряд одновременно обрабатываемых деталей закрепляются на столе станка.

Одиночные резцы или комплекты одновременно работающих резцов устанавливаются на верхних и боковом суппортах.

Столу совместно с обрабатываемой деталью сообщается прямолинейное возвратно-поступательное движение, причем при ходе стола вперед происходит снятие стружки с обрабатываемой детали (рабочий ход); при ходе стола назад с повышенной скоростью (холостой ход) снятие стружки не производится и резцы в это время автоматически отводятся от обработанной поверхности.

Подача суппортов имеет прерывистый характер и осуществляется за каждый двойной ход стола.

13.2. Поперечно-строгальные станки

Универсальный поперечно-строгальный станок модели СПС-01 предназначен для обработки строганием горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей (линейчатых фасонных поверхностей), а также пазов различного профиля у деталей небольших размеров и среднего веса в условиях индивидуального и мелкосерийного производства.

Техническая характеристика станка

- размеры рабочей поверхности стола в мм 458x520;
- наибольший угол поворота в град:
 - корпуса стола ± 180 ;
 - верхней части стола 15;
- наибольшее перемещение стола в мм:
 - горизонтальное 660;
 - вертикальное 380;
- пределы величины хода ползуна в мм 100—700;
- количество скоростей движения ползуна 8;
- пределы чисел двойных ходов ползуна в минуту 9—102;
- количество величин подач стола 10;
- пределы величин подач стола в мм за один двойной ход ползуна 0,3—3;
- наибольшее перемещение суппорта в мм 160;
- пределы поворота суппорта в град ± 45 ;
- количество величин подач суппорта 0,125—0,625;
- пределы величин подач суппорта в мм за один двойной ход ползуна 5;
- мощность электродвигателя приводов станка в кВт 10.

Основные узлы станка (рисунок 13.3): поддерживающая стойка; универсальный стол; поворотный суппорт; механизм подачи суппорта; ползун; электродвигатель привода станка; коробка скоростей с кривошипно-кулисным механизмом; механизм подачи стола; поперечина; станина; основание станины.

Движения в станке. Движение резания — прямолинейное возвратно-поступательное движение ползуна с суппортом и резцом. Движения подач — прерывистое прямолинейное поступательное перемещение стола с обрабатываемой деталью в поперечном и вертикальном направлениях и прерывистое прямолинейное поступательное перемещение суппорта с резцом. Вспомогательные движения — быстрые механизированные и ручные установочные перемещения стола в поперечном и вертикальном направлениях, ручное перемещение суппорта, поворот стола в двух взаимно перпендикулярных направлениях, радиальное перемещение кулисного камня для изменения длины хода ползуна и поступательное перемещение ползуна относительно кулисы для изменения места хода ползуна.

Кинематика станка (рисунок 13.4). Привод главного движения, т.е. возвратно-поступательного перемещения ползуна с инструмен-

том заимствуется от электродвигателя и передается через ременную постоянную передачу, коробку скоростей и кривошипно-кулисный механизм.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – ползун станка.

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n дв. ход/мин ползуна станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{nn} \cdot i_{кс} \cdot i_{ккм} = n_{дв.ход.ползуна \ станка}.$$

Привод периодической подача стола в поперечном или вертикальном направлении с заготовкой заимствуется от одного двойного хода ползуна и передается через храповый механизм, коробку подач и передачи винт-гайка.

Конечные звенья цепи движения подач стола станка: 1 двойной ход ползуна – стол станка.

Расчетное перемещение цепи движения подачи стола станка:

1 дв. ход ползуна \rightarrow S мм/дв. ход стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи стола станка в общем виде:

$$1_{дв.ход} \cdot i_{nn} \cdot i_{хм} \cdot i_{кп} \cdot t_{хв} = S_{стол}.$$

Принцип работы станка. Обрабатываемая деталь закрепляется на верхней плите или на боковой поверхности корпуса стола. Для строгания наклонных плоскостей обрабатываемая деталь может быть путем поворота корпуса и верхней плиты стола в двух взаимно перпендикулярных направлениях установлена так, чтобы обрабатываемая плоскость точно заняла горизонтальное положение.

Резец закрепляется в резцедержателе суппорта. В зависимости от длины строгания с помощью квадрата устанавливается необходимая длина хода ползуна, а в соответствии с расположением обрабатываемой детали вращением квадрата устанавливается место хода ползуна.

Ползуну с резцом сообщается прямолинейное возвратно-поступательное движение, причем при ходе ползуна вперед (рабочий ход) происходит снятие стружки с обрабатываемой детали, а при ходе назад (холостой ход) снятие стружки не производится.

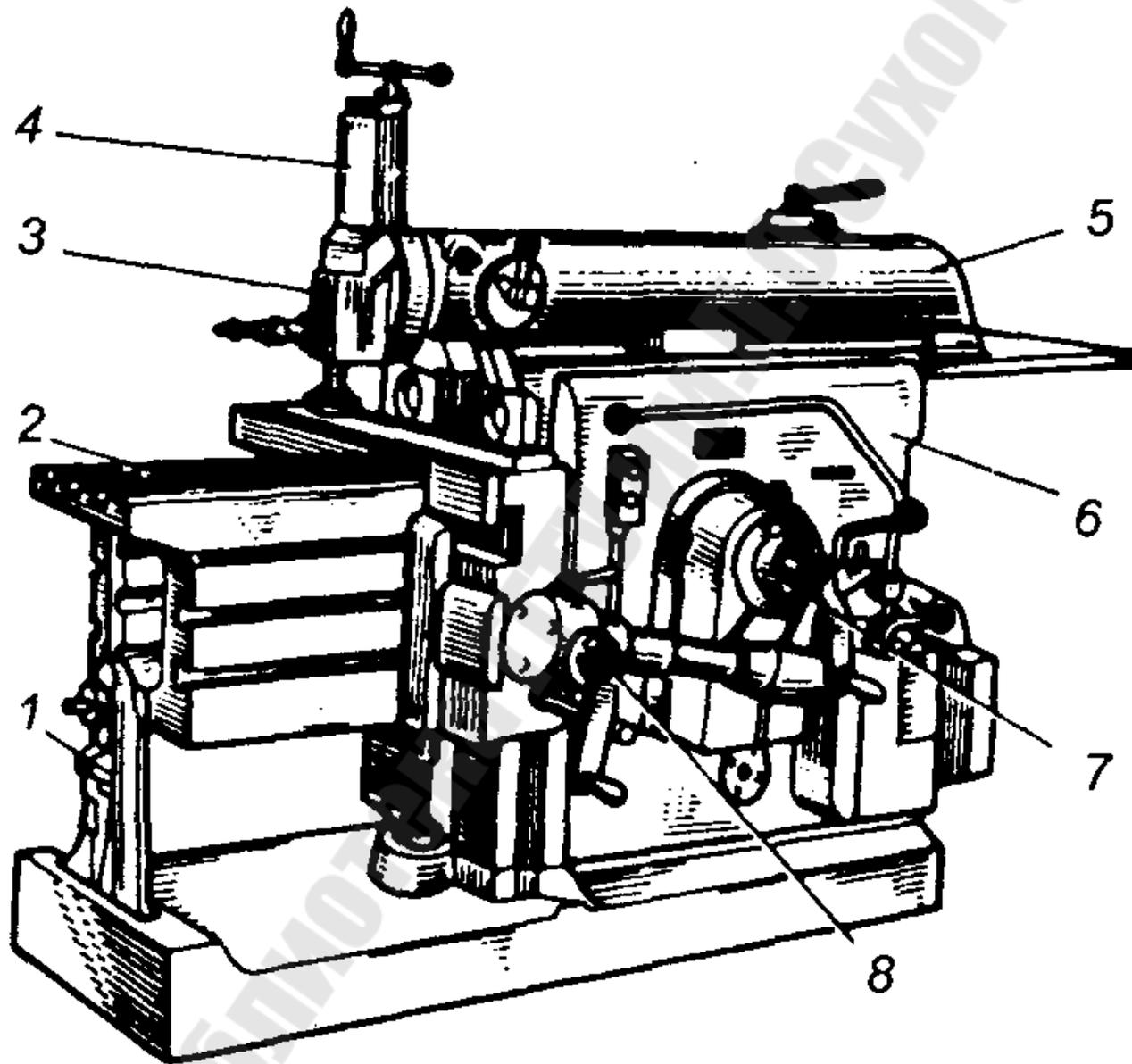


Рисунок 13.3 – Общий вид поперечно-строгального станка

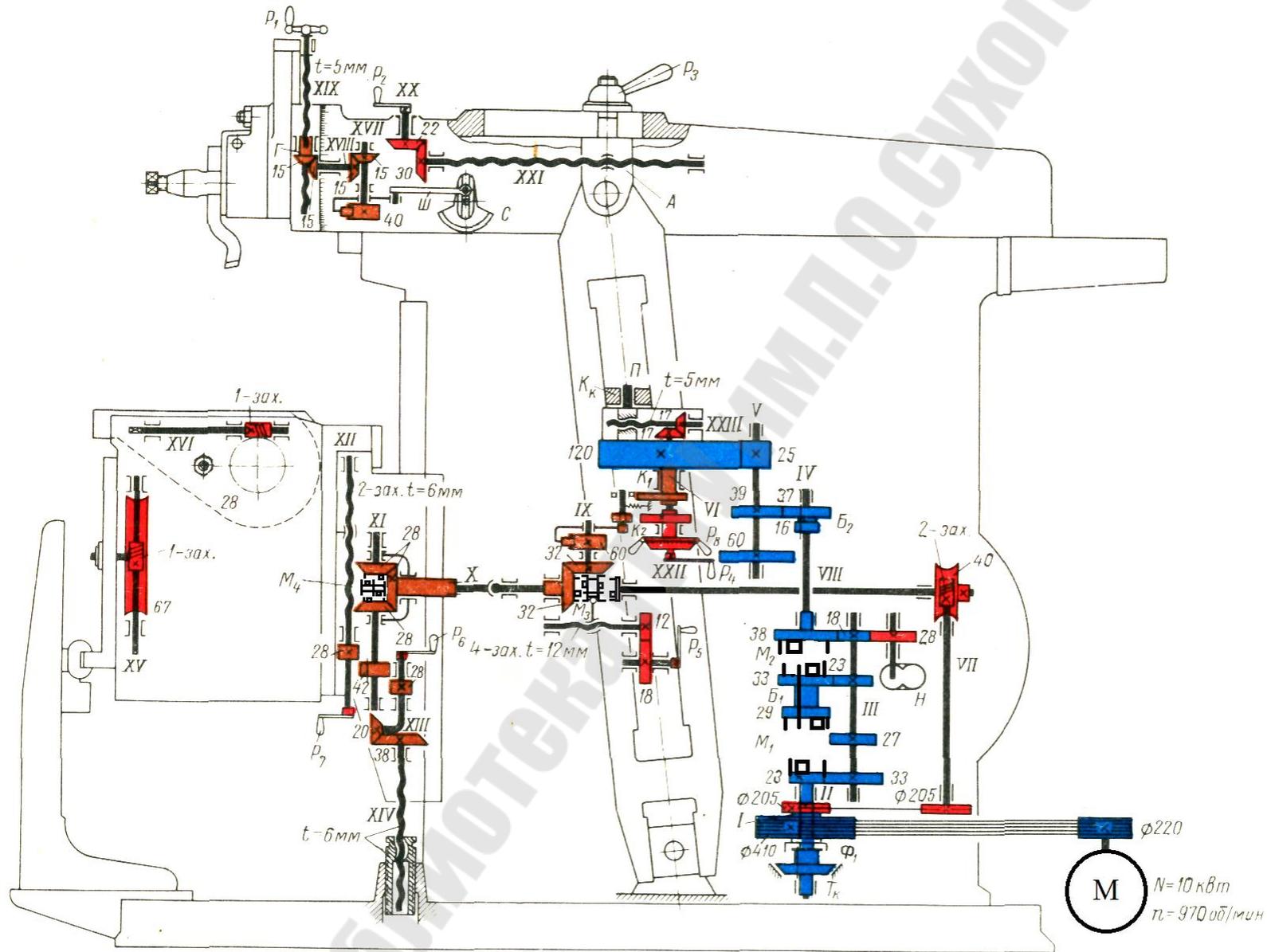


Рисунок 13.4 – Кинематическая схема поперечно-строгального станка

Во избежание повреждения обработанной поверхности и режущей кромки резца последний совместно с откидной доской несколько приподнимается вверх.

Периодическая подача стола с обрабатываемой деталью производится в конце холостого хода ползуна. При обработке вертикальных и наклонно расположенных плоскостей подача сообщается суппорту, который поворачивается на соответствующий угол относительно головки ползуна. В этом случае поворотная доска смещается в сторону для обеспечения отвода резца от обработанной поверхности при холостом ходе ползуна.

13.3. Долбёжные станки

Долбёжный станок модели 743 предназначен для обработки фасонных отверстий (квадратных, шестигранных, многошлицевых и др.), прорезки внутренних шпоночных пазов и строгания наружных линейчатых поверхностей. Долбёжный станок используется в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Техническая характеристика станка

- диаметр круглого стола в мм 610;
- ход резца в мм:
 - наименьший 20;
 - наибольший 300;
- наибольшее перемещение стола в мм:
 - продольное 600;
 - поперечное 600;
- наибольшая высота обрабатываемой детали в мм 770;
- число скоростей резца 4;
- пределы чисел двойных ходов резца в минуту 20—80;
- количество величин подач стола 40;
- продольная и поперечная подача стола в мм/дв. ход:
 - наибольшая 2;
 - наименьшая 0,05;
- круговая подача стола в град/дв. ход:
 - наибольшая $2/3$;
 - наименьшая $1/60$;
- мощность приводного электродвигателя в кВт 5,2.

Основные узлы станка (рисунок 13.5): стол; резцедержатель; поперечные салазки; продольные салазки; коробка скоростей с кри-

вошипно-кулисным механизмом; привод подачи; станина.

Движения в станке. Движение резания — прямолинейное возвратно-поступательное движение резца в вертикальном направлении. Движения подачи — прерывистое поступательное перемещение стола в продольном и поперечном направлениях и периодический поворот стола относительно своей оси. Вспомогательные движения — ручные установочные перемещение стола, регулирование длины хода резца и установка места хода резца.

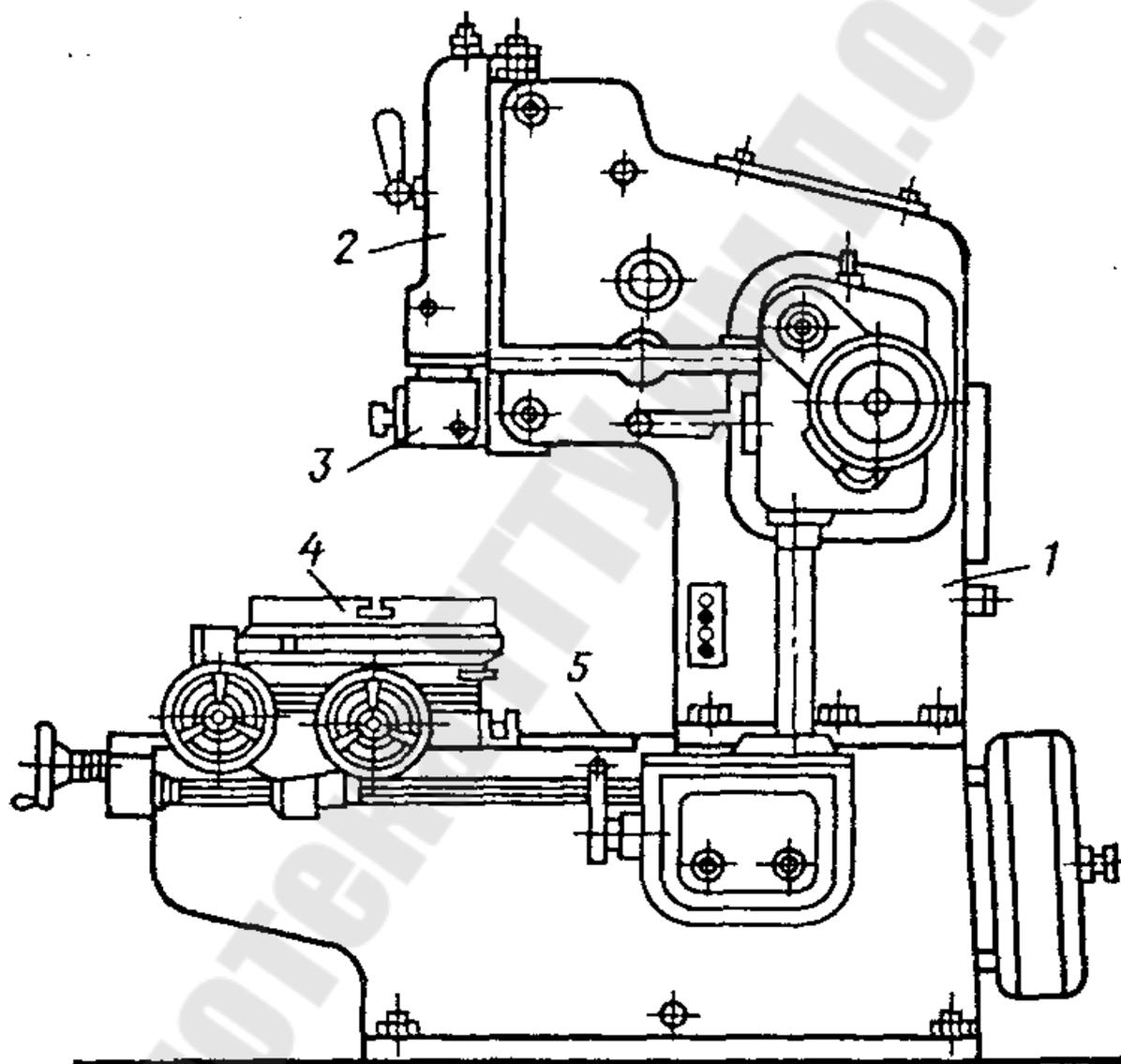


Рисунок 13.5 – Общий вид долбежного станка

Кинематика станка (рисунок 13.6). Привод главного движения станка, т.е. возвратно-поступательного перемещения ползуна с резцом заимствуется от электродвигателя и передается через коробку скоростей и кривошипно-кулисный механизм.

Конечные звенья цепи главного движения станка: электродвигатель – ползун станка.

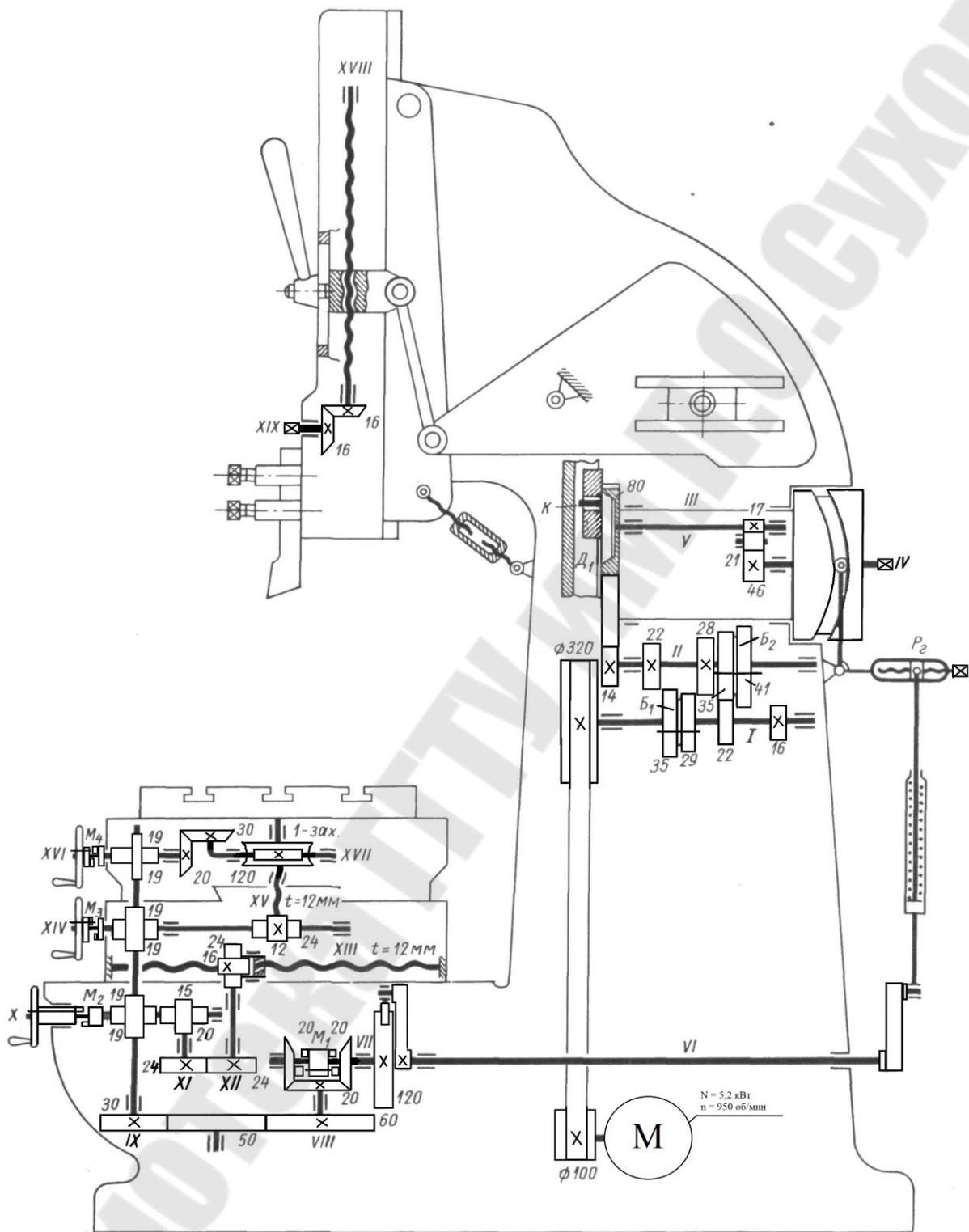


Рисунок 13.6 – Кинематическая схема долбежного станка

Расчетное перемещение цепи главного движения станка:

n об/мин эл. дв. \rightarrow n дв. ход/мин ползуна станка.

Уравнение кинематического баланса цепи главного движения в общем виде:

$$n_{дв} \cdot i_{пп} \cdot i_{кс} \cdot i_{ккм} = n_{дв.ход.ползуна \ станка}.$$

Привод периодического перемещения стола с заготовкой и периодического вращения стола с заготовкой заимствуется от одного двойного хода ползуна с резцом и передается через храповый механизм, конический реверс, постоянные передачи, передачи винт-гайка и червячную передачу.

Конечные звенья цепи движения подач стола станка: 1 двойной ход ползуна – стол станка.

Расчетное перемещение цепи движения подачи стола станка:

$$1 \text{ дв. ход ползуна} \rightarrow S \text{ мм/дв. ход стола станка.}$$

Уравнение кинематического баланса цепи движения подачи стола станка в общем виде:

$$1_{дв.ход} \cdot i_{хм} \cdot i_{кр} \cdot i_{пп} \cdot t_{хв} = S_{поперстола},$$

$$1_{дв.ход} \cdot i_{хм} \cdot i_{кр} \cdot i_{пп} \cdot t_{хв} = S_{продолстола},$$

$$1_{дв.ход} \cdot i_{хм} \cdot i_{кр} \cdot i_{пп} \cdot i_{чп} = S_{кругстола}.$$

Принцип работы станка. Резец специальной конструкции закрепляют в резцедержателе; обрабатываемую деталь устанавливают на круглом столе станка. Движение резца вниз является рабочим ходом, в течение которого происходит снятие стружки с обрабатываемой детали. Движение резца вверх является холостым ходом, в конце которого происходит подача стола с деталью в одном из возможных направлений. При обработке плоскостей стола сообщается продольная или поперечная подача, а при обработке цилиндрических участков поверхностей — круговая подача.

Механизм ручного поворота стола снабжен устройством, позволяющим делить заготовку на нужное количество равных частей или поворачивать ее на заданный угол.

Конструктивные особенности. Станок в отличие от других типов долбежных станков имеет качающуюся кулису, обеспечивающую лучшую работу станка. Для изменения длины хода резца применено устройство с кривошипным диском, обеспечивающее высокую жесткость кулисного механизма. Для обработки матриц вырубных штампов и подобных деталей с поднутренными поверхностями направляющие резца могут быть повернуты на необходимый угол поднутре-

ния с помощью специального стяжного механизма.

Привод подач стола в станке осуществляется от барабана с криволинейным пазом. Изменение величины подачи производится быстродействующим устройством, что значительно сокращает время на перенастройку станка. Этому же способствует применение конического реверса для изменения направления движения стола вместо перекидной собачки храпового механизма. Для предохранения деталей механизма подач от поломок тяга, соединяющая приводной рычаг с поводком собачки, имеет встроенную пружину.

13.4. Горизонтально-протяжные станки

Горизонтально-протяжной станок модели 7Б55 предназначен для протягивания внутренних поверхностей различной геометрической формы и размеров деталей из черных и цветных металлов и сплавов.

Техническая характеристика станка

- номинальная сила протягивания, кН 100;
- наибольшая длина рабочего хода салазок, мм 1600;
- диаметр отверстия в планшайбе, мм 100;
- скорость рабочего хода, м/мин 1,5-11,5;
- скорость обратного хода, м/мин 20-25;
- мощность электродвигателя привода гидравлического насоса, кВт 17;
- масса, кг 6900.

Конструкция станка (рисунок 13.7): в полый части сварной станины 1 коробчатой формы смонтированы основные агрегаты гидравлического привода, являющегося основным для этого вида станков. Слева расположен силовой цилиндр 2. Шток поршня связан с рабочими салазками, которые, перемещаясь в направляющих вдоль оси станка, служат дополнительной опорой. На конец штока насажена втулка с патроном для закрепления левого конца протяжки 3; правый конец ее зажат во вспомогательном патроне 4. Приспособление для установки заготовки и сама заготовка упираются в неподвижный корпус 5 станины. Правая часть станины приставная и служит для монтажа устройства автоматического подвода и отвода протяжки. Необходимые движения осуществляются вспомогательным силовым цилиндром, смонтированным в правой части станка. Происходит это следующим образом. При рабочем ходе влево салазки вспомогательного патрона 4 сопровождают протяжку до тех пор, пока не коснутся

жесткого упора. При этом связь между протяжкой и патроном прерывается подпружиненным кулачком. После этого происходит рабочий ход, осуществляемый силовым цилиндром 2. При обратном ходе задний хвостовик протяжки снова входит во вспомогательный патрон и толкает его вправо в исходное положение.

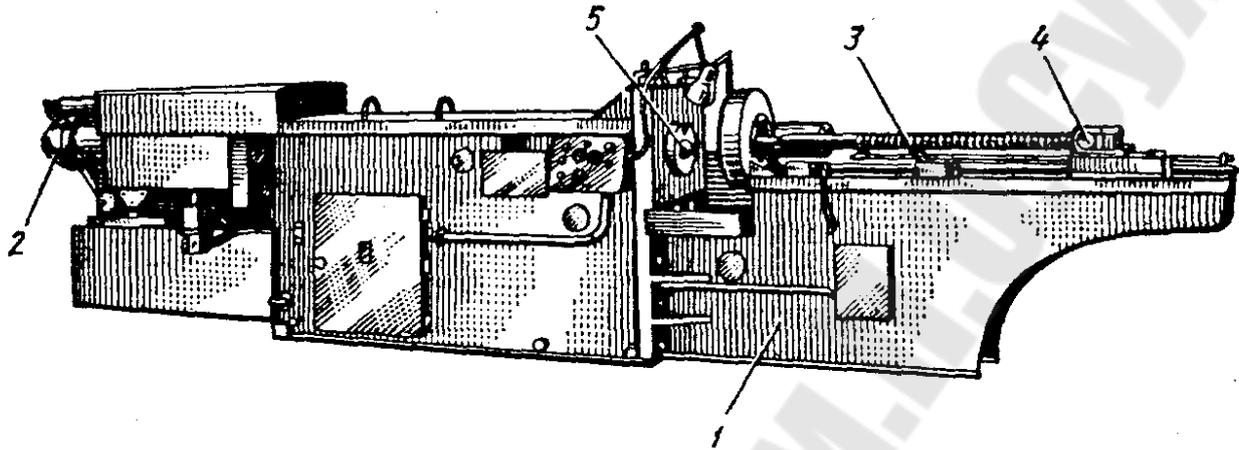


Рисунок 13.7 – Общий вид горизонтально-протяжного станка

Станок работает как полуавтомат, но при оснащении его автоматизированными приспособлениями для подачи заготовки и съема детали может работать в автоматическом цикле и может быть встроен в автоматические линии. Станок используют в крупносерийном и массовом производстве, а с учетом простой переналадки его можно использовать в единичном и мелкосерийном производстве.

Движение протяжки на станке осуществляется с помощью гидропривода, имеющего два насоса (рисунок 13.8). Один из них с подачей 200 л/мин служит для подвода масла в основной (рабочий) гидроцилиндр; другой с подачей 25 л/мин нагнетает масло во вспомогательный гидроцилиндр. Гидропривод позволяет осуществлять три цикла работы: полный, простой и наладочный. При полном цикле применяют длинные протяжки (1200-1300 мм) с задним хвостовиком. Протяжку устанавливают хвостовиком во вспомогательный патрон, получающий движение от штока вспомогательного цилиндра. Протяжка, поддерживаемая роликом, перемещается к рабочему патрону. Патрон захватывает передний хвостовик протяжки, перемещает ее вместе со вспомогательным патроном до его раскрытия от копира, осуществляет рабочий и обратный ходы, после которых вспомогательный патрон захватывает задний хвостовик протяжки и отводит ее в исходное положение.

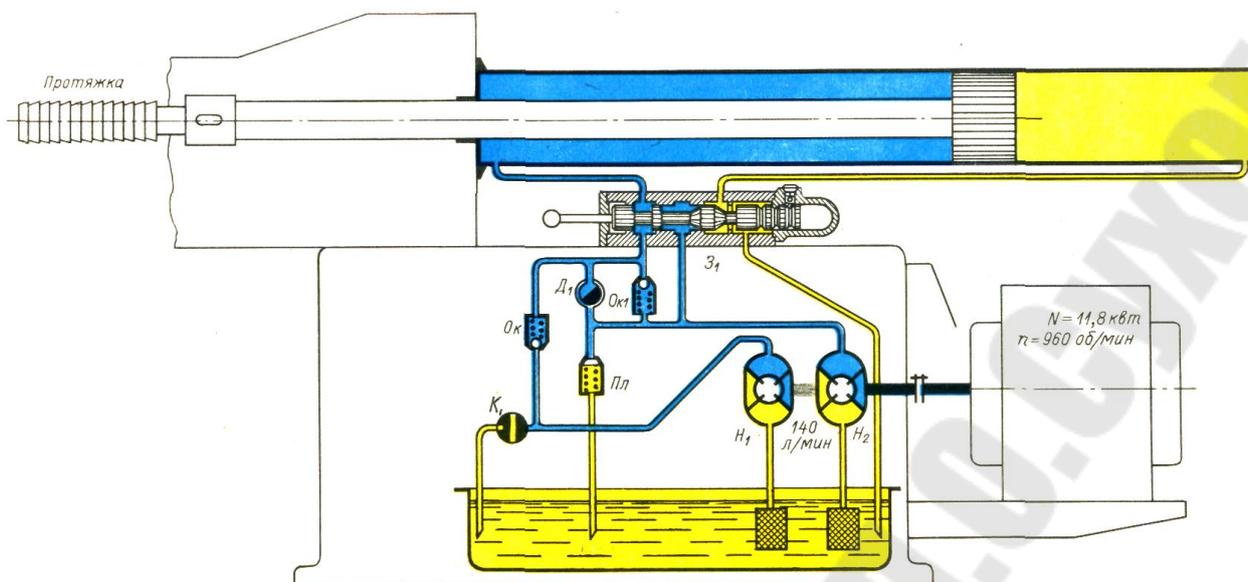


Рисунок 13.8 – Гидравлическая схема горизонтально-протяжного станка

При простом цикле применяют короткие протяжки. В этом случае протяжку закрепляют вручную в патроне, смонтированном на салазках, получающих горизонтальное перемещение от основного гидроцилиндра по направляющим станины. Перемещения вспомогательных салазок при этом цикле не происходит. Наладочный режим используют при наладке станка. Этот режим включает необходимые для подготовки процесса протягивания движения инструмента.

14. АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ

Агрегатными называют многоинструментальные станки, скомпонованные из нормализованных и частично специальных агрегатов. Эти станки применяются в крупносерийном и массовом производстве. На агрегатных станках можно выполнять сверление, рассверливание, зенкерование, развёртывание, растачивание, фрезерование, нарезание внутренних и наружных резьб, некоторые виды токарной обработки. Агрегатные станки в основном используются для изготовления корпусных деталей, также применяются для обработки валов, зубчатых колёс и др. изделий машиностроения.

Преимущества агрегатных станков:

1. короткие сроки проектирования;
2. простота изготовления, благодаря унификации узлов, механизмов и деталей;
3. высокая производительность, обусловленная, многоинструментальной обработкой заготовок с нескольких сторон одновременно;
4. возможность многократного использования части агрегатов при смене объекта производства;
5. возможность обслуживания станков операторами низкой квалификации.

Агрегатные станки в зависимости от формы, размеров заготовок, требуемой точности обработки компонуют по разным схемам: односторонними и многосторонними, одношпиндельными и многошпиндельными, однопозиционными и многопозиционными, в вертикальном, наклонном, горизонтальном и комбинированном исполнении (рисунок 14.1).

Обработка на однопозиционных агрегатных станках выполняется при одном постоянном положении заготовки. Агрегатные станки с многопозиционными поворотными столами или барабанами предназначены для параллельно-последовательной обработки одной или одновременно нескольких заготовок малых и средних размеров. При этом вспомогательное время сокращено до минимума за счет того, что установка заготовки и снятие заготовки на позиции загрузки-выгрузки осуществляется во время обработки на других позициях (рисунок 14.2 и 14.3).

Типовые унифицированные компоновки агрегатных станков разработаны на основе использования унифицированных агрегатов, уровень унификации может достигать 90 %.

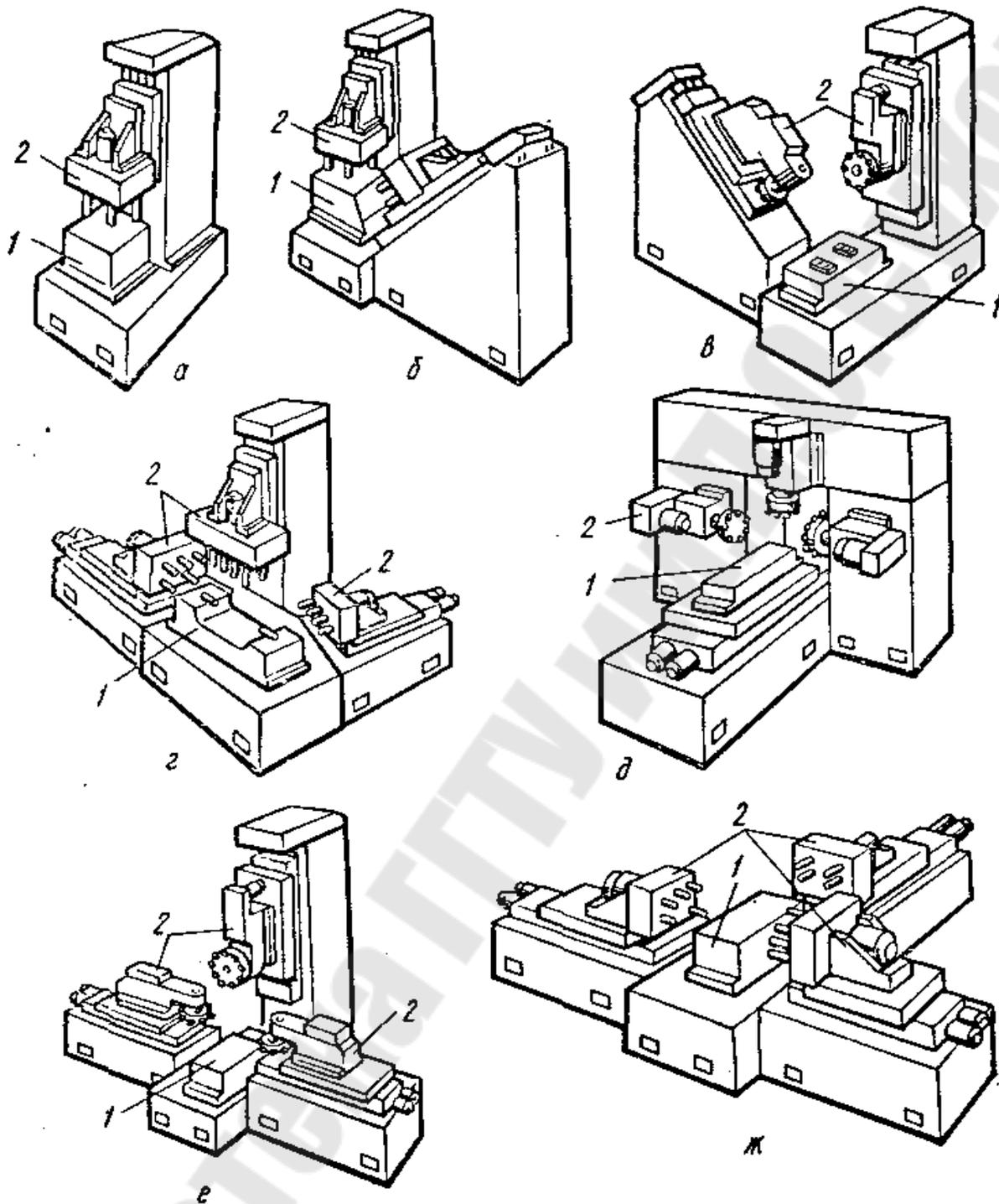


Рисунок 14.1 – Типовые компоновки агрегатных станков со стационарным приспособлением

Например, в агрегатном станке вертикальной компоновки (рисунок 14.4), унифицированы: базовые детали (станины, стойка, упорный угольник), силовые механизмы (силовой стол, а в станках других типов силовые головки), шпиндельные механизмы (шпиндельная коробка, расточная бабка, сверлильная бабка), механизмы транспортирования (поворотный делительный стол, двухпозиционный делительный стол прямолинейного перемещения), механизмы главного

движения (коробка скоростей), гидрооборудование (гидробак, насосная установка, гидрпанель), электрооборудование (центральный и наладочный пульты, электрошкаф силовых механизмов, электрошкаф станка), вспомогательные механизмы (удлинитель, резьбовой копир, расточная пиноль).

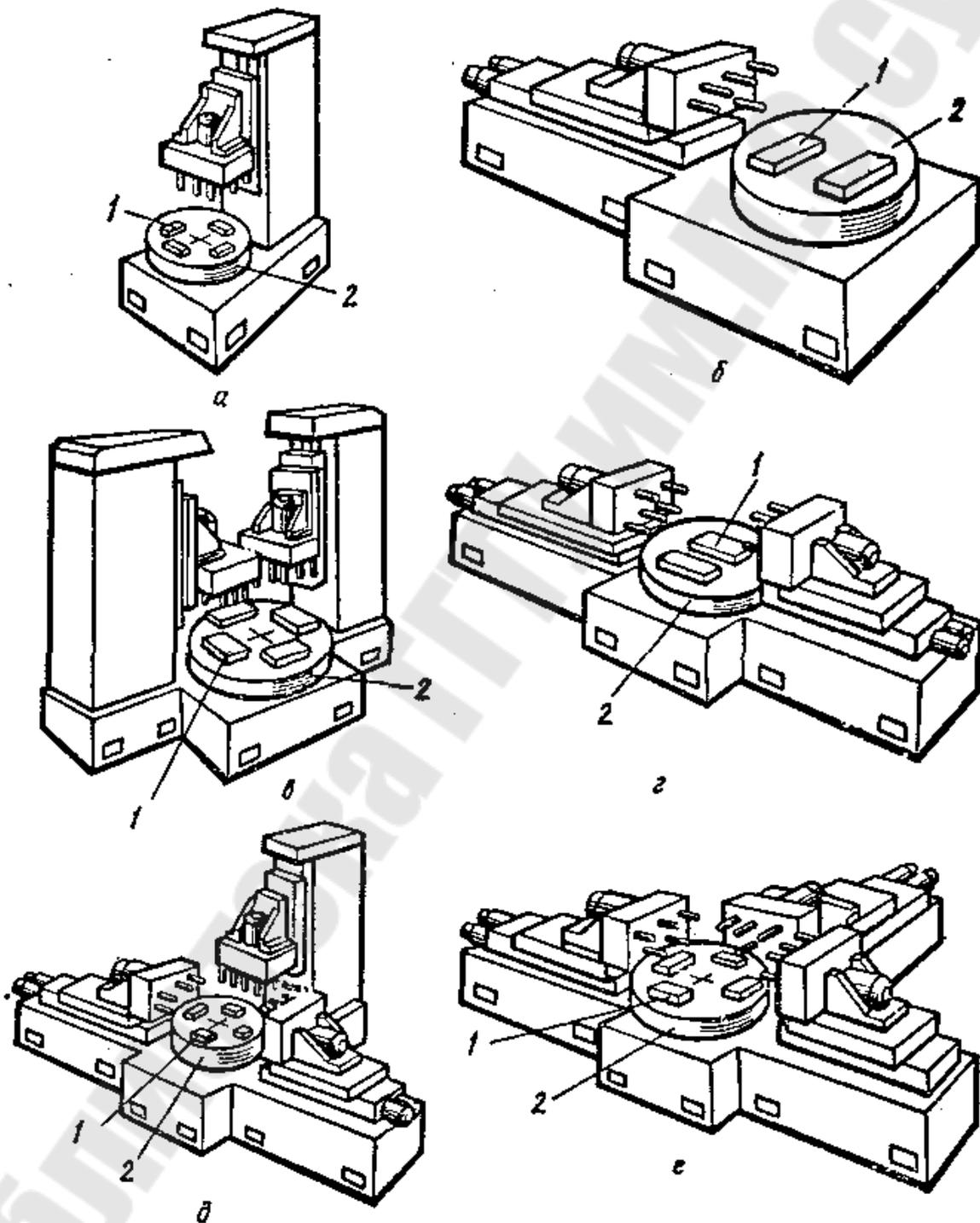


Рисунок 14.2 – Типовые компоновки агрегатных станков с поворотным столом

Специальные механизмы, например, приспособление для установки и закрепления заготовок, имеют отдельные нормализованные элементы.

Силовые механизмы агрегатных станков предназначены для сообщения режущим инструментам главного движения и движения подачи (силовые столы).

Силовые головки предназначены для выполнения токарных, фрезерных, сверлильных, расточных, резьбонарезных, шлифовальных и других работ.

Они обычно работают в автоматических циклах, например: 1. быстрый подвод, рабочая подача (одна или две), выдержка на жестком упоре (при необходимости), быстрый отвод, стоп; 2. быстрый подвод, рабочая подача, быстрый подвод, рабочая подача, стоп. Такой цикл используют, например, при последовательной обработке нескольких соосных отверстий одинакового диаметра.

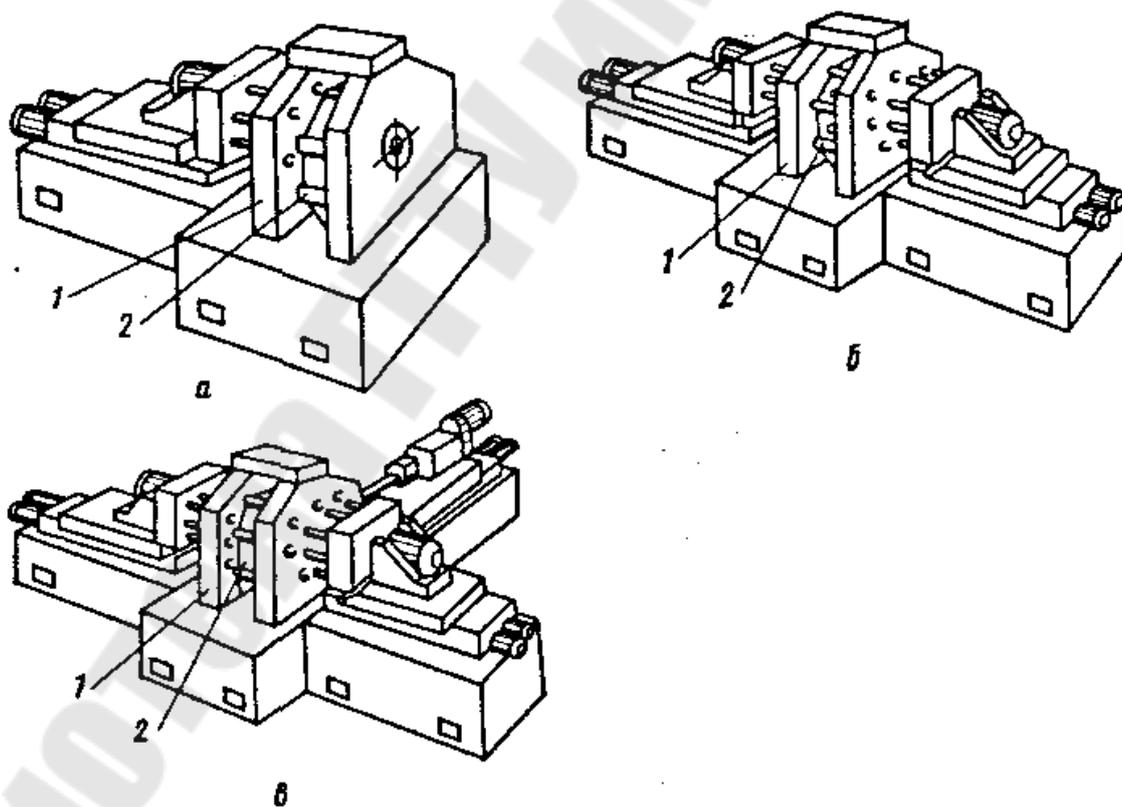


Рисунок 14.3 – Типовые компоновки агрегатных станков с поворотным делительным столом

Для привода главного движения (вращательного) в силовых головках обычно применяют электродвигатели, а для привода подачи кулачки, винтовые передачи, цилиндры (пневматические, гидравлические и пневмогидравлические) (рисунок 14.5).

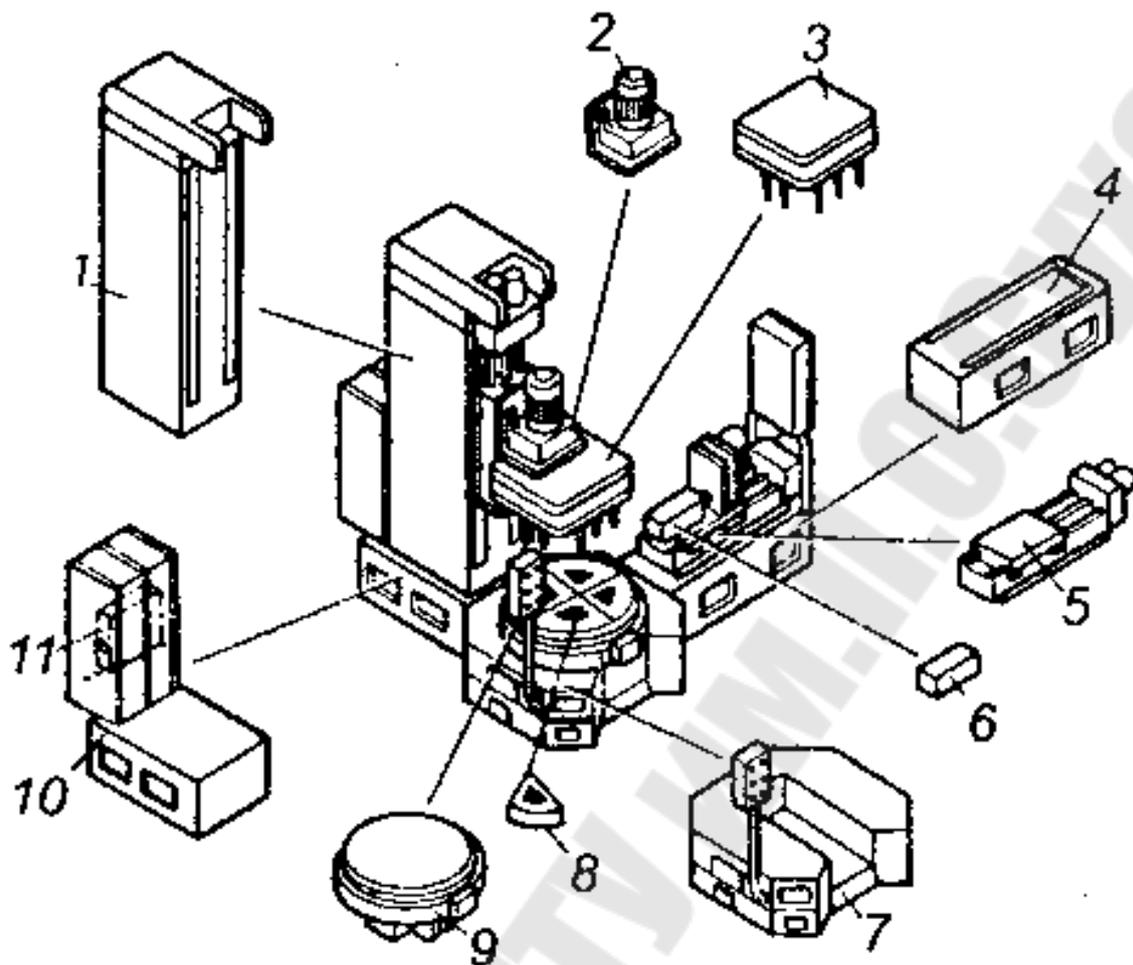


Рисунок 14.4 – Агрегатный станок из унифицированных агрегатов

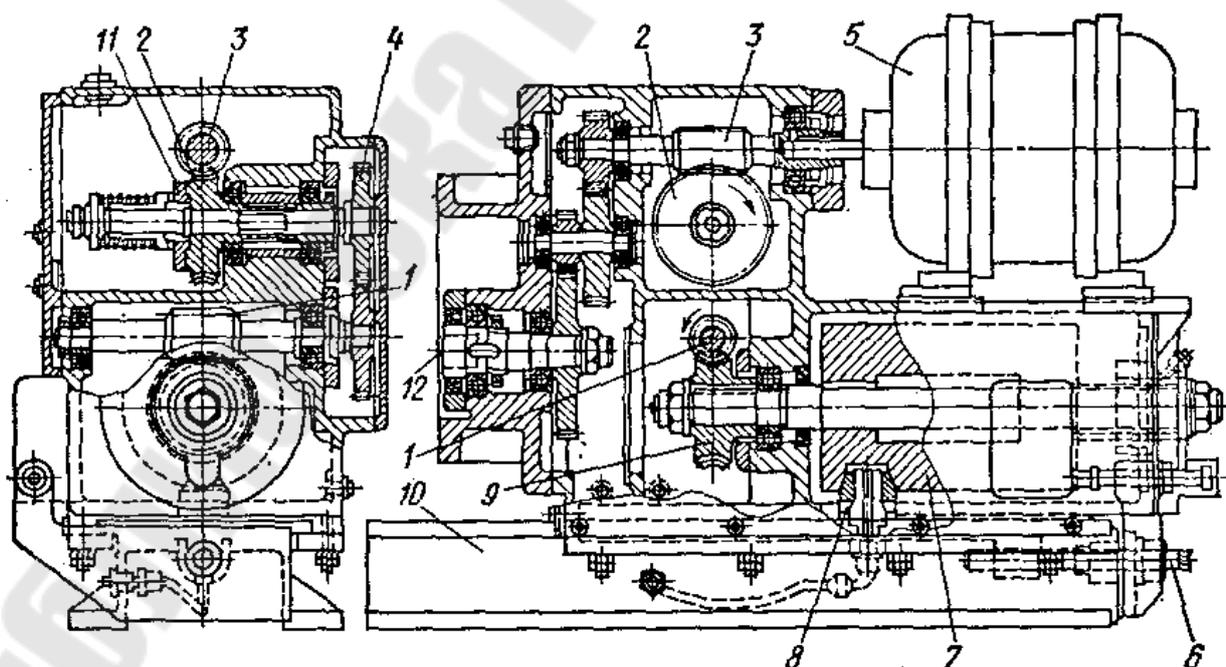


Рисунок 14.5 – Самодействующая силовая головка с механической подачей

По конструкции механизма подачи различают головки: с подвижной пинолью и с подвижным корпусом. Подачу инструмента перемещением пиноли обычно выполняют в головках малой мощности, не более 1,5 кВт, что обеспечивает подход инструмента к заготовке. Силовые головки средней и большой мощности выполняют с подвижным корпусом.

В зависимости от расположения привода подачи силовые головки могут быть несамодействующими и самодействующими. У первых привод подачи расположен вне головки, которую обычно устанавливают на силовом столе, подключенном к насосной станции станка или имеющим самостоятельный привод. У вторых как привод вращения шпинделя, так и все элементы привода подачи (резервуар для масла, насос, гидроданель управления) расположены в корпусе головки.

По мощности двигателя силовые головки подразделяют на микросиловые (0,1-0,4 кВт), малой мощности (0,4-3,0 кВт), средней (3,0-15 кВт) и большой мощности (15-30 кВт).

В зависимости от типа привода подачи различают головки механические (кулачковые и винтовые), пневматические, гидравлические и пневмогидравлические.

Силовые головки в значительной степени определяют производительность, надежность и точность работы агрегатных станков. Поэтому силовые головки должны автоматически и точно выполнять заданный цикл работы, иметь минимальные упругие деформации при обработке с различными режимами, обладать высокой надежностью. Конструкции головок должны обеспечивать быстрое устранение возникающих отказов и простоту обслуживания.

Гидравлические силовые головки получили наиболее широкое применение в агрегатных станках, что объясняется их значительными преимуществами по сравнению с головками других типов. Гидравлические головки применяют для выполнения как легких, так и тяжелых работ (рисунок 14.6). Мощность электродвигателя гидравлических головок 2-30 кВт, а осевая сила, которую может развивать головка - до 10 Н.

Силовые головки агрегатных станков могут выполнять самые сложные циклы работы. Их выпускают различных габаритов (рисунок 14.7).

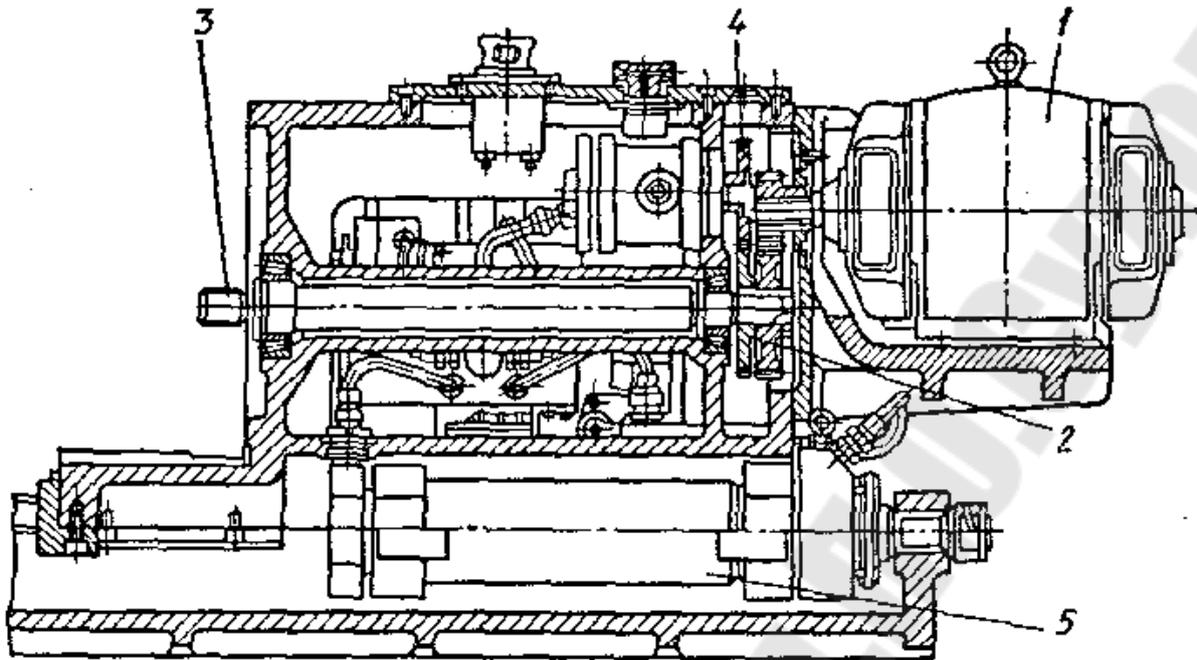


Рисунок 14.6 – Самодействующая гидравлическая силовая головка

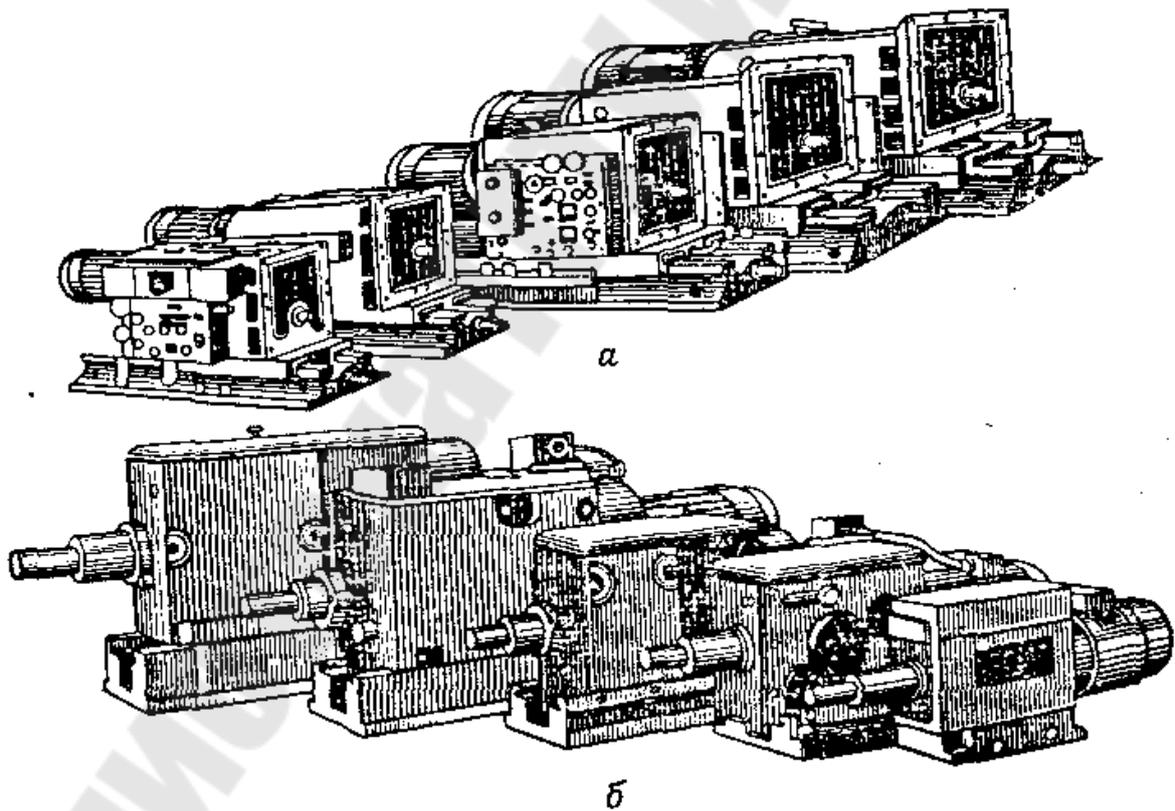


Рисунок 14.7 – Агрегатные самодействующие силовые головки

Силовые головки обоих типов служат для одновременной обработки нескольких отверстий. Для этого на передний торец головки устанавливают шпиндельную коробку. Самодействующие силовые

головки габаритов также одношпиндельные. В них приводной вал заменен шпинделем и имеется редуктор со сменными шестернями. Одношпиндельные силовые головки изготавливают в вертикальном или горизонтальном исполнениях с расположением электродвигателя сзади или сверху.

Гидравлические механизмы подачи позволяют легко автоматизировать работу головок - сложные циклы движений осуществляются просто, без специальных устройств, по способу регулирования подачи различают гидроприводы головок с дроссельным и объемным регулированием.

Плоскокулачковые силовые головки служат для обработки отверстий. Головки выполняют с подвижной пинолью. Цикл работы состоит из быстрого подвода, рабочей подачи и быстрого отвода пиноли (рисунок 14.8).

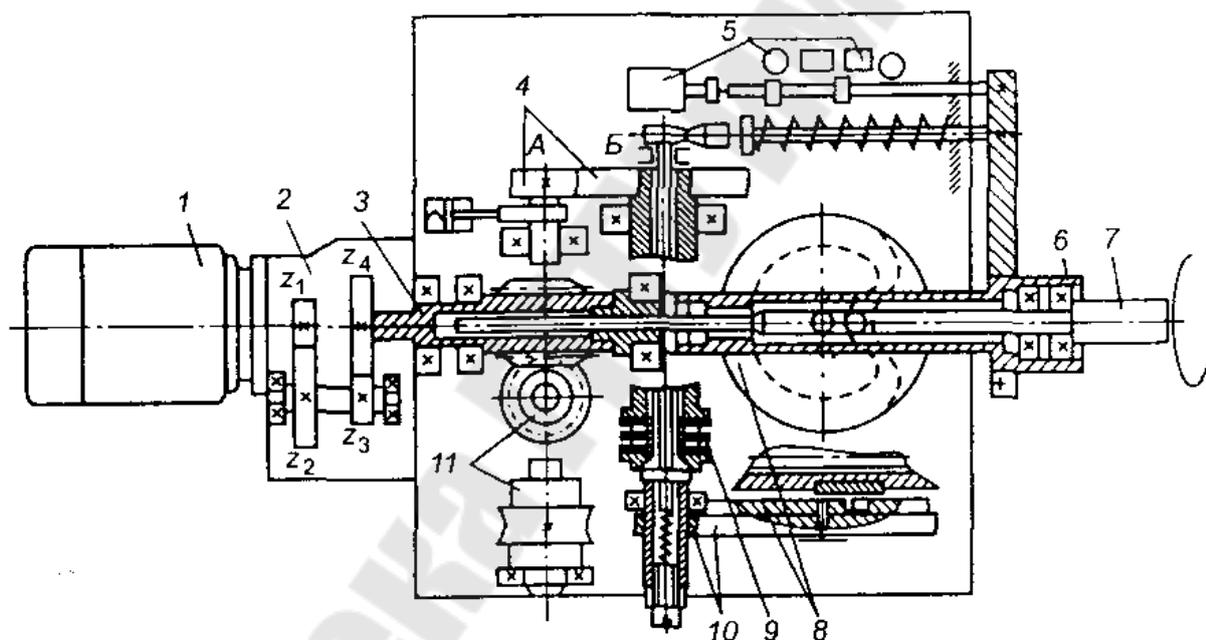


Рисунок 14.8 – Кинематическая схема плоскокулачковой пинольной силовой головки

Вращение шпиндель 7 получает от электродвигателя 1 через редуктор 2, червяк 3 и червячное колесо 11. Заданную частоту вращения шпинделя обеспечивают подбором сменных зубчатых колес. Подачу пиноли 6 осуществляет кулачек 8, который вращается червяком 3 от червячного колеса через сменные зубчатые колеса 4 и пару колес 10. В цепь подачи головки вмонтирована предохранительная муфта 9. Она служит для предотвращения поломок режущего инструмента при резком возрастании нагрузки. При возврате в исходное положение нажимается левый конечный выключатель 5 и выдается команда на

выключение и торможение электродвигателя 1. Для нарезания резьбы устанавливают дополнительные конечные выключатели 5. Они обеспечивают контроль крайнего переднего положения пиноли и подачу команды на реверс электродвигателя. Ручное установочное перемещение головки по направляющей плите выполняют винтовой передачей.

Пинольные головки служат главным образом для обработки заготовок с использованием одного шпинделя, однако имеются их конструктивные модификации для обработки с использованием нескольких параллельных шпинделей. В последнем случае на пиноли закрепляют шпиндельную насадку, а на корпусе головки - плиту для направления насадки. Шпиндели насадки получают вращение от шпинделя головки непосредственно или через промежуточные валики.

Пинольные головки могут также выполнять фрезерные работы. Для этого используют различные фрезерные насадки с расположением фрезерного шпинделя перпендикулярно к шпинделю головки.

Пинольные головки просты по конструкции и надежны в работе, однако они развивают незначительную осевую силу и имеют малую мощность, небольшой ход инструмента, ступенчатые изменения подачи за счет замены сменных зубчатых колес. Ход инструмента необходимо регулировать путем смены кулачка. Головки не могут работать до жесткого упора.

Шпиндельные коробки (рисунок 14.9) служат для выполнения сверлильно-расточных работ. Некоторые, модификации коробок обеспечивают нарезание резьбы в отверстиях. Типовая шпиндельная коробка состоит из корпуса, задней плиты и передней крышки. Шпиндели получают вращение от приводного вала силовой головки через несколько зубчатых пар. Сменные зубчатые колеса предназначены для изменения частоты вращения шпинделей. Шпиндельные коробки монтируют на силовых головках с перемещающимся корпусом и на силовых столах, В последнем случае на силовом столе закрепляют упорный угольник, на вертикальной плоскости которого монтируют шпиндельную коробку. Все детали шпиндельных коробок стандартизированы.

Сверлильные бабки предназначены для сверления, зенкерования и развертывания отверстий. Сверлильная бабка состоит из шпинделя и корпуса с фланцем, служащего для установки привода вращения шпинделя. На корпусе можно закрепить кронштейн с штангами для

установки кондукторной плиты. Сверлильную бабку устанавливают на силовом столе, который сообщает ей и инструменту движение подачи (рисунок 14.10).

Расточные бабки служат для растачивания отверстий без направления по кондукторным втулкам. Их изготавливают нормальной и повышенной точности. Бабка состоит из корпуса, в котором смонтирован шпиндель. Для установки привода вращения шпинделя на корпусе бабки выполнен фланец (рисунок 14.11).

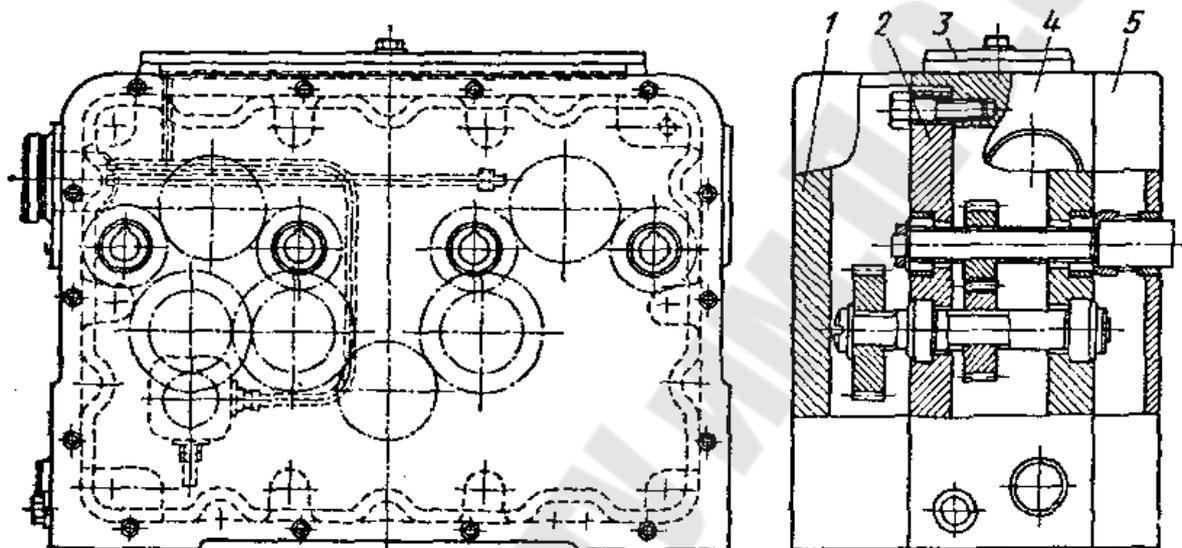


Рисунок 14.9 – Шпиндельная коробка агрегатного станка

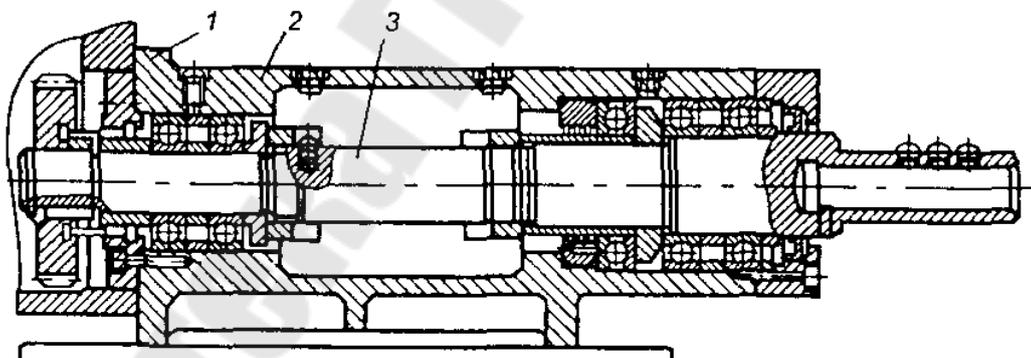


Рисунок 14.10 – Конструкция сверлильной бабки агрегатного станка

Для осуществления подачи бабки устанавливают силовые столы. В ряде случаев бабки устанавливают неподвижно, а подача выполняется перемещением приспособления с обрабатываемой заготовкой.

Силовые столы предназначены для установки на них шпиндельных узлов с самостоятельным приводом вращения (фрезерных, сверлильных, расточных бабок и др.) или приспособлений с обрабатываемой заготовкой для выполнения рабочих циклов с прямолинейной подачей. Силовые столы имеют гидравлический или электромехани-

ческий привод (рисунок 14.12).

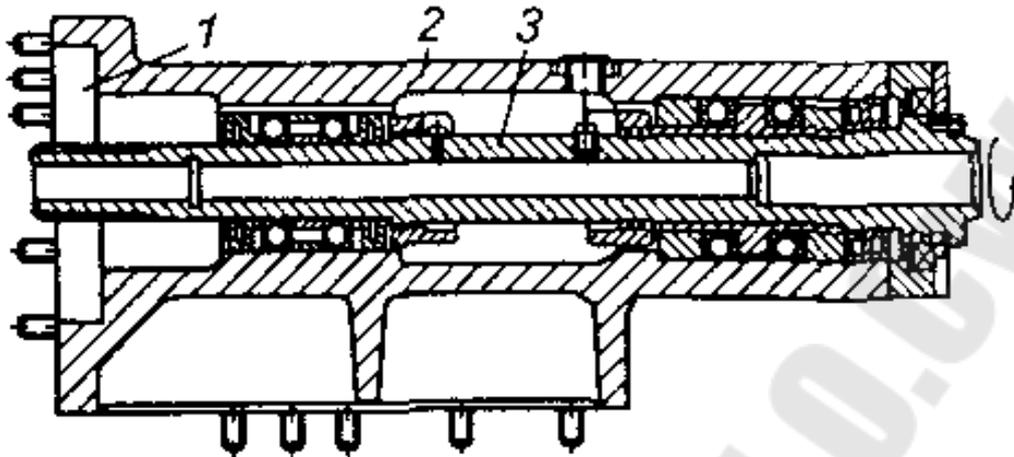


Рисунок 14.11 – Конструкция расточной бабки агрегатного станка

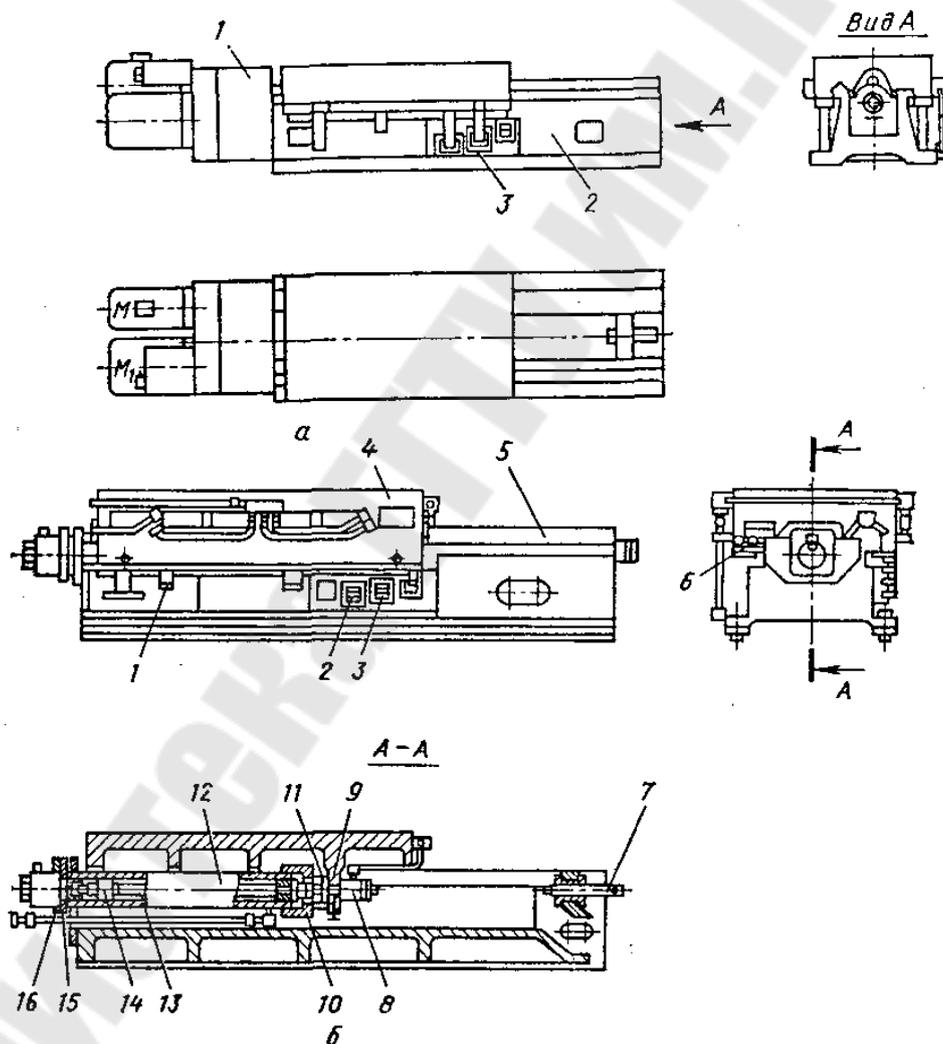


Рисунок 14.12 – Силовые столы агрегатного станка

Гидропанели служат для управления циклом работы силовой головки. Гидропанели, как правило, унифицированы. В них сконструированы основные гидравлические приборы и аппараты, которые выполняют пуск, останов, изменение величины подачи, реверс и другие

элементы цикла.

Агрегатные станки с ЧПУ предназначены для изготовления широкого ряда деталей различного служебного назначения. Как правило это многоцелевые станки. На них выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, развертывание, резьбонарезание, прямолинейное и контурное фрезерование в заготовках корпусов, плит и других деталей. Станки оснащены или револьверными головками или магазинами инструментов. Заготовка устанавливается на координатном силовом столе и может обрабатываться со всех свободных сторон за один установ.

Агрегатные станки с ЧПУ создаются из комплектов унифицированных узлов: станин, стоек, шпиндельных узлов, столов различных типов, механизмов с автоматической смены инструмента и т.д. Станки выпускают с горизонтальной и вертикальной осью шпинделя, с поворотным, наклонно-поворотным или продольным столом.

Примеры построения агрегатных станков с ЧПУ: с тремя стойками, горизонтальным расположением шпинделей, вертикальными осями вращения дисковых инструментальных магазинов и поворотного стола; с одной стойкой, горизонтальным шпинделем, вертикальной осью вращения магазина, горизонтальной осью вращения поворотного стола; с одной стойкой, горизонтальным шпинделем, вертикальной осью вращения магазина, наклонно поворотным столом; с двумя стойками, вертикальными шпинделями, горизонтальной осью вращения магазина, вертикальной осью вращения стола; с двумя стойками, горизонтальными шпинделями, вертикальной осью вращения магазинов, однокоординатным столом прямолинейного перемещения (рисунок 14.13).

В станках используются направляющие качения. Приводы главного движения и подач чаще всего осуществляются от двигателей постоянного тока. Инструментальные оправки в шпинделе крепятся автоматически. Агрегатные станки оснащаются позиционными или комбинированными УЧПУ, которые обеспечивают автоматический режим работы станка. На некоторых агрегатных станках вместо инструментального магазина применяют магазин шпиндельных коробок. Эти магазины выполняют барабанными или цепными. В них размещают от 6 до 50 шпиндельных коробок с различным числом шпинделей.

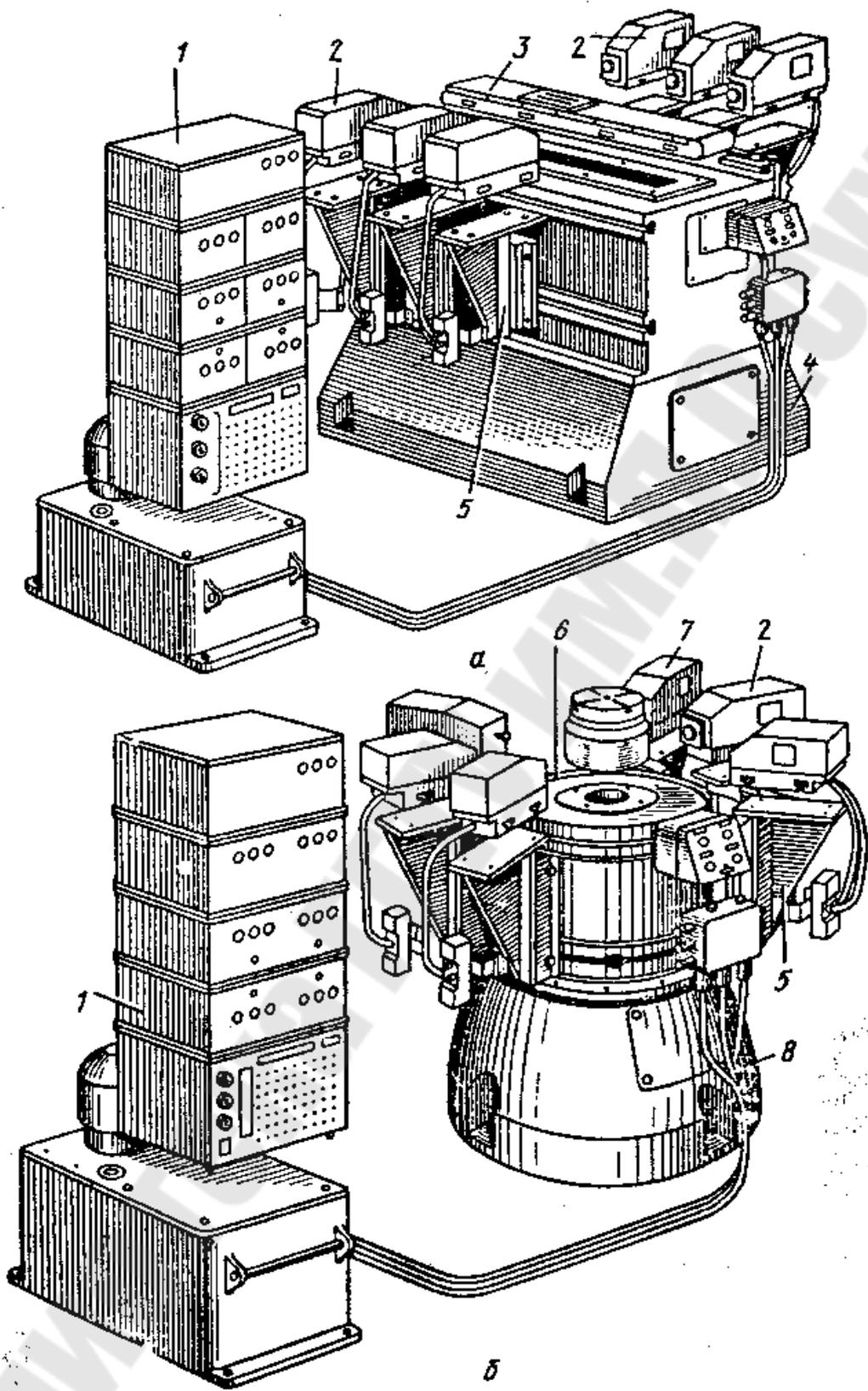


Рисунок 14.13 – Переналаживаемые агрегатные станки с ЧПУ: а – с прямолинейным столом; б – с круглым столом; 1 – шкаф с УЧПУ; 2 – силовые сверлильные головки; 3 – стол; 4 – станина; 5 – кронштейны; 6 – стол; 7 – фрезерная силовая головка; 8 – станина

15. МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ

Многоцелевые станки (МС) - это станки, оснащенные УЧПУ и устройством автоматической смены инструментов, предназначенные для комплексной обработки за одну установку корпусных деталей и деталей типа тел вращения. МС выпускают с одним шпинделем и многопозиционным инструментальным магазином (емкостью 12-120 инструментов), при этом инструмент заменяется в шпинделе автоматически по программе (за 5-6 с); с револьверной инструментальной головкой (число инструментов 5-8, при этом смена инструмента за 2-3 с) осуществляется поворотом револьверной головки; с револьверной головкой и инструментальным магазином, что позволяет в процессе резания заменять инструмент в неработающих шпинделях револьверной головки (рисунок 15.1).

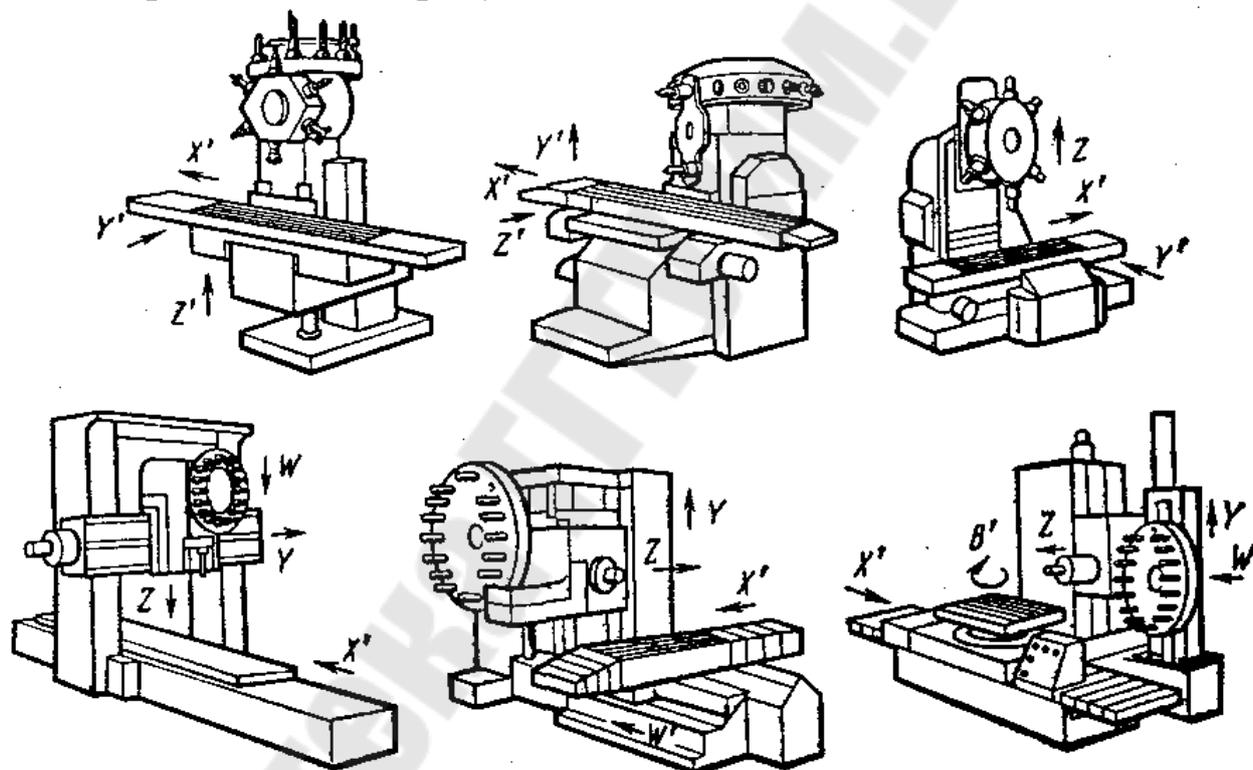


Рисунок 15.1 – Компонировки многоцелевых станков

Производительность МС в 4-10 раз выше производительности универсальных станков благодаря резкому уменьшению доли вспомогательного времени в цикле обработки и, следовательно, увеличению (до 60-75 %) доли машинного времени в этом цикле. Сокращению вспомогательного времени способствуют: автоматическая замена инструмента; высокая скорость (до 20 м/мин) быстрых перемещений (на вспомогательных ходах) исполнительных органов; настройка инструмента на размер вне станка; исключение контрольных операций и др. В МС используют сменные инструментальные магазины с

заранее настроенными на размер инструментами, что сокращает время на переналадку станка.

На МС можно осуществлять сверление, рассверливание, зенкование, развертывание, нарезание резьбы, растачивание, фрезерование и другие виды обработки. На МС производят, как правило, окончательную обработку деталей. Точность ряда МС соответствует точности координатно-расточных станков: точность отверстий после растачивания соответствует 6-7 качеству; шероховатость обработанной поверхности $Ra=1-2$ мкм. МС позволяют в автоматическом режиме обрабатывать сложные корпусные детали за одну установку со всех сторон (кроме базовой поверхности, используемой для закрепления заготовки).

Для этого МС оснащают столом, имеющим возможность поворота в вертикальной и горизонтальной плоскости. Существуют конструкции МС, у которых ось шпинделя устанавливается по программе горизонтально, вертикально или под любым углом к плоскости стола станка. МС могут оснащаться приспособлениями спутниками (ПС) для установки и закрепления заготовок, а также устройствами автоматической смены ПС. Выпускают МС вертикальной и горизонтальной компоновки. МС вертикальной компоновки, предназначенной для обработки заготовок с одной стороны, а при наличии многопозиционных и поворотных приспособлений - с нескольких сторон.

Горизонтальные МС предназначены для обработки заготовок с двух - четырех, а иногда с пяти сторон. В последнем случае шпиндельные головки имеют поворот вокруг вертикальной и горизонтальной оси. Наиболее распространены компоновки горизонтальных МС с крестовым поворотным столом и шпиндельной бабкой, имеющей вертикальное перемещение.

Токарно-сверлильные и токарно-сверлильно-фрезерные МС предназначены для комплексной обработки: точения, фрезерования, сверления, рассверливания, растачивания и т.д. деталей типа тел вращения.

Выпускают также специализированные МС, предназначенные для обработки заготовок определенных типоразмеров. При проектировании МС широко применяют принцип агрегатирования. МС выпускают классов точности П и В.

МС оснащаются системами ЧПУ, которые имеют следующие особенности: значительный объем УП, большое число управляемых координат (до 7-8), возможность обеспечить высокую точность пози-

ционирования исполнительных органов станка (0,005-0,01 мм) широкий диапазон регулирования частоты вращения шпинделя и скорости подач; высокая надежность при эксплуатации, возможность работы, как в автоматическом режиме, так и при управлении от ЭВМ верхнего уровня, МС оснащают позиционными контурными и позиционно-контурными УЧПУ типа CNC, как правило, взаимодействующими с ДОС.

Приводы главного движения МС обеспечивают регулирование частоты вращения шпинделя в широком диапазоне при максимальной частоте вращения 3000-4000 об/мин. В этих приводах чаще всего используют двигатели постоянного тока с тиристорным управлением. Для малых и средних МС применяют приводы с асинхронными электродвигателями и коробками скоростей. Реже используют малогабаритные гидроэлектродвигатели.

Шпиндельные узлы МС сложны по конструкции. Во внутреннем отверстии шпинделя расположены зажимные устройства, предназначенные для автоматического зажима и освобождения инструментальных оправок. Зажим оправок (с помощью цанговых или устройств с радиальнодвижущимися элементами) чаще всего осуществляется пакетом тарельчатых пружин, освобождение - от гидроцилиндра. У большинства МС для повышения жесткости шпинделя исключено его осевое перемещение.

Привод подач МС чаще всего состоит из высокомоментного электродвигателя постоянного тока с бесступенчатым регулированием. Электродвигатель через редуктор соединяется с парой винт-гайка качения. В крупных станках вместо редуктора используют двухступенчатые коробки скоростей с электромагнитными муфтами. Применяют и гидроприводы подач.

Устройства автоматической смены инструмента (УАСИ) обеспечивают стабильное, точное, жесткое и надежное положение инструмента и минимальное время его смены. По конструктивному и компоновочному исполнению УАСИ бывают трех видов: с заменой всего шпиндельного устройства (револьверные шпиндельные головки, магазины шпиндельных гильз); со сменой инструмента в одном шпинделе (инструментальные магазины); комбинированные (магазины в сочетании с револьверной головкой, автоматическая, ручная смена).

Наиболее просты по конструкции и компактны револьверные шпиндельные головки, расположенные, как правило, на шпиндельной

бабке МС.

Наиболее распространены УАСИ со сменой инструмента, в одном шпинделе, который состоит из инструментального магазина, автооператора для переноса инструментов (из магазина в шпиндель и обратно) и транспортного устройства, передающего инструмент из магазина к автооператору. Магазины могут располагаться на шпиндельной бабке, на колонне и за пределами станка на отдельной стойке. Наиболее часто магазины расположены на колонне станка, шпиндельной бабке или вне станка.

Инструментальные магазины выполняют дисковыми, барабанными, цепными, планетарными. Инструмент в магазинах может располагаться параллельно или наклонно к оси вращения магазина, а также в радиальном направлении.

При числе инструментов до 8 и невысокой точности обработки целесообразно использовать в качестве УАСИ револьверную головку, а при высокой точности обработки - револьверный магазин; при 30-40 дисковый и барабанные магазины; при числе инструментов до 100 и более - цепной магазин. Иногда МС оснащают сменными инструментальными магазинами, устройствами для кассетной замены инструментов в магазине и дополнительными стеллажами с инструментом, расположенными вне станка; при этом смена инструментов осуществляется порталным роботом.

Кодирование инструментов. Когда обработка детали требует небольшого числа инструментов, и каждым из них используется только один раз, инструментодержатели в магазине или револьверной головке располагаются в последовательности выполнения обработки. При каждой смене инструмента магазин перемещается на один шаг. В остальных случаях применяют кодирование инструмента или кодирование гнезда магазина.

Кодирование инструмента на оправке осуществляют установкой определенной комбинации сменных кодовых колец; во время движения магазина кодовые кольца нажимают на путевые переключатели; при возникновении заданной комбинации сигналов магазин остановится в требуемом положении.

При таком методе инструмент может располагаться в любых гнездах магазина, исключаются ошибки при его загрузке. В то же время усложняется конструкция оправок, увеличивается масса магазина и время поиска инструмента.

При кодировании гнезд магазина их поиск осуществляется дат-

чиками различной конструкции (сельсинами, кодовыми дисками в сочетании с переключателями и др.), кинематически связанными с опорным валом магазина. Этот метод обеспечивает поиск инструмента по кратчайшему пути, использование простых по конструкции оправок, пропуск гнезд, возможность установки инструментов большого диаметра, При загрузке инструмент должен устанавливаться только в само гнездо магазина.

Автооператоры УАСИ бывают однозахватные и двухзахватные. Однозахватный автооператор берет инструмент, вытаскивает его из шпинделя, поворачивает и вставляет в свободную ячейку инструментального магазина. Последний, вращаясь, подводит следующий инструмент в зону захвата. Затем автооператор совершает действия в обратной последовательности.

Использование двухзахватного автооператора позволяет, значительно уменьшить время смены инструмента, т.к. инструменты одновременно захватываются в магазине и в шпинделе. Существует две схемы работы такого автооператора.

Схема 1. При смене инструмента автооператор делает ход снизу вверх, захватывает оправку с инструментом, находящуюся в гнезде магазина, и вытаскивает оправку в направлении ее оси; оправка, находящаяся в шпинделе, запирается нужным захватом при перемещении каретки автооператора вниз; затем автооператор ходом вдоль оси шпинделя вытаскивает оправку с отработавшим инструментом, поворачивается вокруг своей оси на 180° и подводит к шпинделю другой инструмент; автооператор вставляет в шпиндель инструменту котором он автоматически закрепляется; автооператор перемещается вверх для переноса отработавшего инструмента в магазин.

Схеме 2. Автооператор не имеет вертикального перемещения. При смене инструмента, он поворачиваясь вокруг горизонтальной оси, захватывает инструменты одновременно из шпинделя и из магазина; затем вытаскивает инструменты ходом вдоль их оси; поворотом на 180° меняет инструменты местами и вставляет в шпиндель и магазин. Цикл смены оканчивается поворотом автооператора в горизонтальное (нейтральное) положение, при котором он не мешает повороту магазина и вертикальному перемещению шпиндельной бабки.

Схема 2 более проста, но имеет следующий недостаток: при повороте автооператор может задеть инструменты, расположенные в соседних гнездах магазина. Во избежание этого, увеличивают расстояние между гнездами, поэтому вместимость магазина (при одинако-

вом диаметре инструментов) при работе по схеме 2 меньше, чем при работе по схеме 1.

В качестве приводов автооператоров используют механические и гидравлические устройства.

Технические возможности МС значительно расширяются путем применения сменных шпиндельных головок.

Специальные МС (выполненные в основном на базе агрегатных станков), оснащенные такими головками используют в крупносерийном производстве; при этом увеличивается производительность обработки при сохранении заданной номенклатуры изготавливаемых деталей. Многошпиндельные головки устанавливают в магазинном устройстве или на поворотном столе, заготовки обрабатываются поочередно. Указанные МС, оснащаются устройствами автоматической смены шпиндельных головок.

Для сокращения времени загрузки заготовок и съема готовых деталей в МС применяют: устройства для автоматической смены ПС; маятниковые столы; несколько поворотных столов, работающих одновременно и др. МС оснащенный сдвоенными поворотными столами. Загрузку разгрузку первого стола осуществляют во время обработки (инструментом) заготовки на втором столе. Иногда один из столов оснащают механизмом периодического поворота, обеспечивающим последовательную обработку заготовок с нескольких сторон; при этом второй стол может поворачиваться непрерывно для обработки цилиндрических и сложных криволинейных поверхностей. В то время, когда ПС с закрепленной на нем заготовкой расположен на рабочей позиции, второй ПС загружается новой заготовкой на позиции. После окончательной обработки ПС с позиции 2 автоматически перемещается гидроцилиндром в позицию разгрузки, а на позицию поступает ПС с позиции. Затем «маятниковое движение» ПС повторяется.

В целях уменьшения влияния тепловых деформаций на точность обработки МС оснащают системами стабилизации температуры смазочного материала.

Многоцелевой станок с ЧПУ модели ИР500ПМФ4 служит для обработки заготовок корпусных деталей.

На станке производятся сверление, зенкерование, растачивание, развертывание, фрезерование, нарезание резьбы метчиками. Поворотный стол станка устанавливается в 72 позиции. Точность позиционирования $\pm 5''$. Это позволяет обрабатывать консольным инстру-

ментом соосные отверстия с поворотом стола.

Станок имеет гидромеханическое устройство для автоматической смены столов-спутников. Устройство обеспечивает загрузку и разгрузку, ориентацию и фиксацию столов - спутников.

Станок может поставляться с накопителем столов - спутников. Такой комплекс представляет собой ГПМ. Класс точности станка П. Станок может быть встроен в ГПС.

Техническая характеристика станка

- размеры рабочей поверхности плиты спутника (длина x ширина): 500x500 мм;
- максимальный диаметр растачиваемого отверстия 125 мм;
- максимальный диаметр сверления 40 мм;
- вместимость магазина 30 инструментов;
- число частот вращения шпинделя 89;
- пределы частот вращения шпинделя 21-3000 об/мин;
- регулирование подач бесступенчатое;
- пределы подач стола, шпиндельной бабки и стойки 1-2000 мм/мин;
- скорости быстрых перемещений подвижных механизмов до 10000 мм/мин;
- габаритные размеры станка 6000x3750x3100 мм.

УЧПУ - комбинированные с линейной и круговой интерполяцией различного исполнения. Дискретность задания перемещений 0,002 мм. Число управляемых координат (из них одновременно 3/2). Имеются корректоры ввода УП с перфоленты (код ISO, EVA) или вручную с пульта или от ЭВМ; считывание УП фотоэлектрическое, обрабатываются автоматические циклы по ISO.

Компоновка, основные механизмы и движения в станке (рисунок 15.2). Узлы станка смонтированы на общей жесткой станине. По ее направляющим перемещается в продольном направлении стойка (подача по оси Z). Внутри стойки расположена бесконсольная шпиндельная бабка, имеющая вертикальное перемещение (подача по оси Y). Поворотный стол движется по направляющим станины в поперечном направлении подач по оси X. Магазин смонтирован на верхнем торце стойки, инструмент заменяется автооператором. Двухпозиционный поворотный стол, смонтированный на отдельной станине, обеспечивает быструю смену заготовок.

Во время обработки заготовки на спутнике, другую заготовку устанавливают на спутнике. После обработки спутник автоматически перемещается на стол, который затем поворачивается на 180°, а спут-

ник с заготовкой поступает на стол для обработки. Обработанную деталь снимают со спутника и устанавливают на него следующую заготовку. УЧПУ расположена в шкафу.

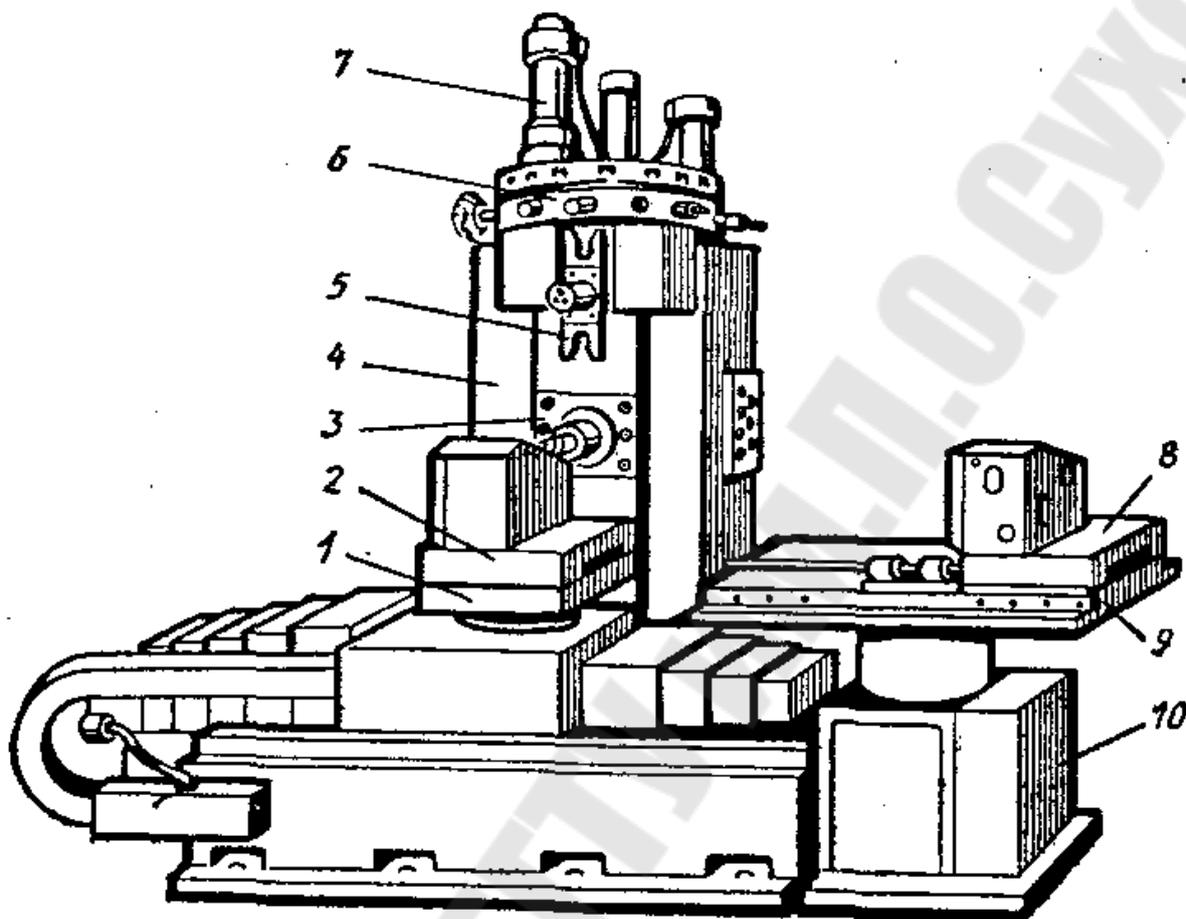


Рисунок 15.2 – Общий вид многоцелевого станка

Кинематика станка (рисунок 15.3). Главное движение шпиндель III получает от регулируемого двигателя постоянного тока М1 через двухступенчатую коробку скоростей. Изменение частоты вращения шпинделя осуществляется в пределах 1000 - 3150 об/мин при постоянной мощности ($N=14$ кВт и 21-1000 об/мин при постоянном моменте 700 Нм). Блок Б1 переключается гидравлически. С блока колес $Z=33$, $Z=66$ крутящий момент на шпиндель передается через зубчатую муфту. Зажим инструмента осуществляется от тарельчатых пружин, отжим гидроцилиндром. В станке имеется механизм угловой ориентации шпинделя и оправки.

Подачи стойки шпиндельной бабки стола выполняются посредством высокомоментных двигателей М2, М3, М4 с возбуждением от постоянных магнитов и ходовых винтов качения IV, V, VI; приводы подач укомплектованы ДОС, типа индуктосин или револьвер. При комплектации с револьвером станок имеет класс точности Н.

Поворотный стол вращается от высокомоментного электродвигателя М5 через червячную пару $Z=1/72$. Перед поворотом гидросистемы обеспечивает расцепление двух зубчатых полу муфт $Z=72$, муфты М с торцовыми зубьями. После поворота полу муфты сцепляются, и стол зажимается.

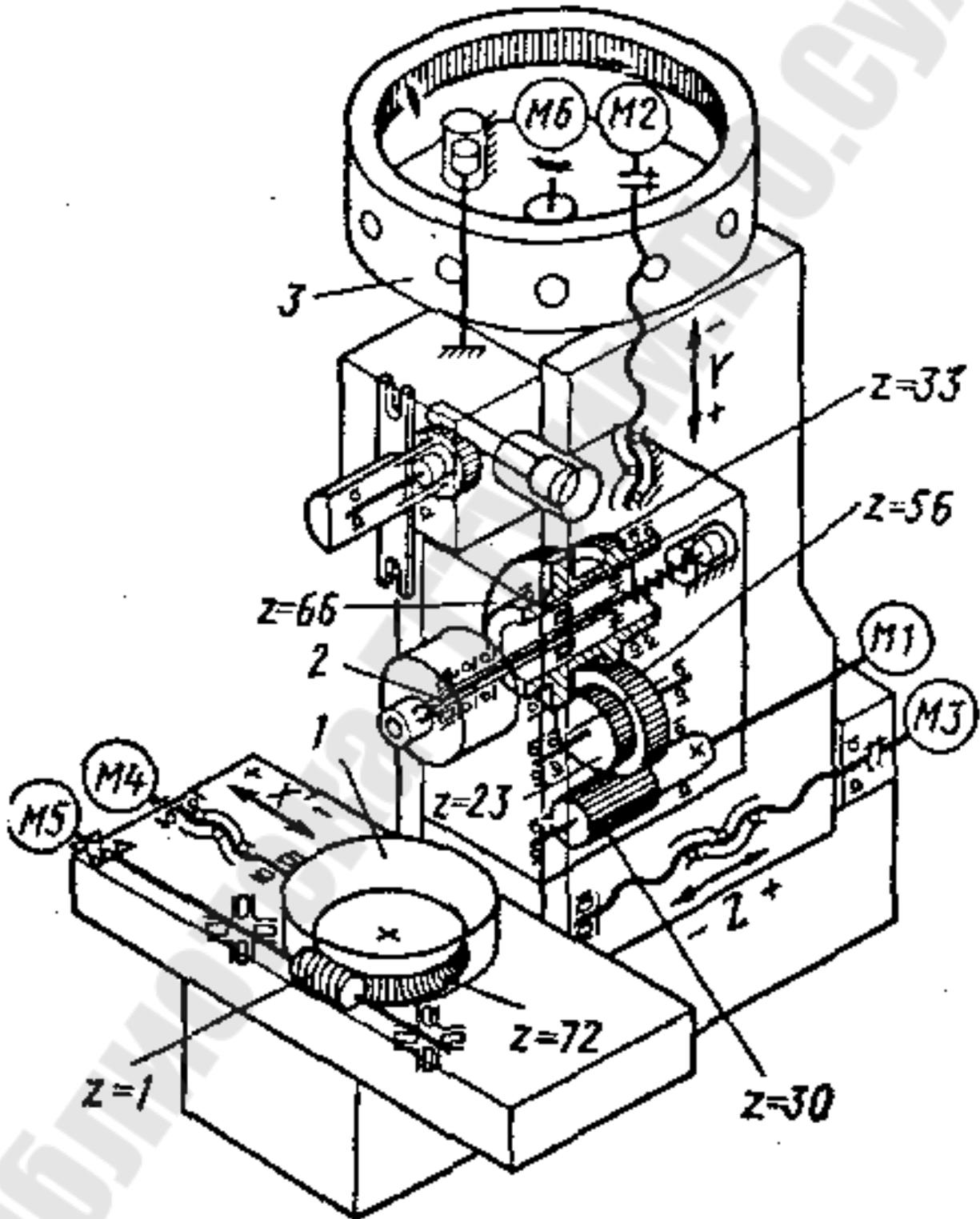


Рисунок 15.3 – Кинематическая схема многоцелевого станка

Направляющие всех ИО имеют смешанное трение: нижние и боковые направляющие выполнены на опорах качения, лицевые направляющие скольжения изготовлены из полимерного антифрикционного материала.

Механизм смены инструмента состоит из магазина и двухзахватного оператора. На смену инструмента в шпинделе затрачивается 6 с. Магазин вращается от высокомоментного электродвигателя М6 с возбуждением от постоянных магнитов через зубчатую пару. Колесо Z2 закреплено на корпусе магазина, номера гнезд которого закодированы. В корпусе магазина установлены упоры, воздействующие на конечные выключатели, которые отсчитывают поворот при поиске нужного инструмента.

Автооператор оснащен механизмами поворота, вертикального перемещения и выдвижения. Механизмы работают от гидросистемы станка. Поворот автооператора осуществляется от реечной передачи 3 мм. Контроль и управление циклом автоматической смены инструмента выполняется бесконтактными конечными выключателями.

Поворот двухпозиционного стола на 180° осуществляется гидроцилиндром через реечную передачу.

Гидросистема станка обеспечивает уравнивание шпиндельной бабки, переключение блока зубчатых колес шпиндельной бабки, отжим инструмента, ориентацию шпинделя, фиксацию инструментального магазина, работу механизмов автооператоров, зажим-отжим поворотного стола, столов-спутников, их автоматическую смену.

16. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

16.1. Назначение и классификация автоматизированных станочных систем механической обработки

Производство изделий машиностроения примерно на 80% имеет мелко и среднесерийный характер. Быстрое обновление широкой номенклатуры изготавливаемых машин при одновременном росте сложности их конструкции и точности вызывает необходимость быстрой и эффективной перестройки производства на предприятиях на основе высокоавтоматизированных станков с ЧПУ, обслуживаемых ПР. Быстро переналаживаемое автоматизированное производство окупается в приемлемые сроки только при условии его работы в две - три смены.

Автоматизированное производство обслуживается рабочими только в первую смену, во вторую и третью смены оно функционирует практически без обслуживающего персонала. В дневную смену автоматизированное производство работает в режиме наладки и подготовки к работе (комплектование и входной контроль заготовок, подлежащих обработке, наладка, контроль состояния и комплектование режущего инструмента, проверка и корректировка УП, контроль состояния, обслуживание оборудования и др.); в вечернюю и ночную смену производство работает в автоматическом режиме под наблюдением дежурного персонала. Принцип такой работы заложен в ГПС различной сложности.

Основные определения. Станочная система (СС) представляет собой совокупность станков и вспомогательного оборудования, которая служит для обработки одной или нескольких одинаковых заготовок, а также заготовок широкой номенклатуры на основе одного и нескольких различных маршрутных технологических процессов.

Автоматизированные или автоматические СС - совокупность взаимодействующих станков и вспомогательного оборудования, объединенных автоматизированными или автоматическими подсистемами: транспортно-накопительной, инструментального обеспечения и управления. Автоматизированные СС функционируют с участием человека в реализации некоторых производственных функций, а автоматические СС - без участия человека или с минимальным его участием.

В зависимости от типа производства СС подразделяется на специальные (непереналаживаемые), специализированные (переналаживаемые) и универсальные (гибкие).

К специальным СС относятся переналаживаемые автоматические линии (АЛ) для обработки заготовок 1-2 наименований. Годовая программа выпуска деталей одного наименования более 75 000 шт. по одному маршрутному технологическому процессу. Поток обрабатываемых заготовок следует по схеме «станок-станок». В состав специальных СС, являющихся основным средством автоматизации крупносерийного и массового производства, входят различные сочетания специальных, специализированных и универсальных станков, транспортно-накопительных систем и других механизмов. Благодаря наличию разветвленных транспортных систем и промежуточных позиций накопления деталей, настройку и техническое обслуживание отдельных станков в АЛ можно выполнять без существенного снижения выпуска изделий. При изготовлении малогабаритных и однородных по форме деталей наиболее производительны роторные линии, в которых процессы обработки и транспортирования деталей совмещены во времени.

К специализированным СС относятся переналаживаемые АЛ (ПАЛ), в состав которых входят универсальные и специализированные станки, транспортнонакопительные системы и другие механизмы. ПАЛ выполняют обработку заготовок от 2 до 15 наименований. В универсальные СС входят только универсальные станки; поток обрабатываемых заготовок движения по схеме «станок-склад-станок». К этой группе СС относятся гибкие производственные системы (ГПС), служащие для обработки заготовок широкой номенклатуры с различными, технологическими маршрутами.

ГПС - совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов (РТК), гибких производственных модулей (ГПМ), отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. В ГПС предусмотрена автоматизированная переналадка при изготовлении изделия произвольной номенклатуры в установленных пределах значений и их характеристик.

РТК - совокупность единицы технологического оборудования, ПР и средств оснащения. РТК функционирует автономно и осуществляет многократные циклы. Комплекс оснащают устройствами накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и другими устройствами, обеспечивающими функционирование РТК. В качестве технологического оборудования может быть использован

ПР. В РТК, предназначенном для работы в ГПС, должны быть предусмотрены автоматизированная переналадка и возможность встраивания в систему.

ГПМ - единица технологического оборудования с программным управлением для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик. ГПМ, автономно функционирующий и автоматически осуществляющий все функции, связанные с изготовлением изделий, можно встраивать в ГПС.

Роботизированная технологическая линия (РТЛ) - совокупность РТК, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или несколько единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими ПР для выполнения операций в применяемой технологической последовательности.

Система обеспечения функционирования (СОФ) ГПС - совокупность взаимосвязанных автоматических систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку производства, управление ГПС посредством ЭВМ, автоматическое перемещение объектов производства и технологической оснастки.

В СОФ в общем случае входят: автоматизированная транспортно-складская система (АТСС); автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО); система автоматизированного контроля (САК); автоматизированная система удаления отходов (АСУО); автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП); автоматизированная система научных исследований (АСНИ); система автоматизированного проектирования (САПР); автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП); автоматизированная система управления (АСУ) и ряд других.

АТС - система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, загрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

АСИО - система взаимосвязанных элементов, включающая в себя участки подготовки инструмента, его транспортирования, накопления, а также устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента.

По организационным признакам ГПС подразделяют на гибкую

автоматизированную линию (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ), гибкий автоматизированный цех (ГАЦ) и гибкий автоматизированный завод (ГАЗ).

ГАЛ - это совокупность не менее двух единиц оборудования или ГПМ, объединенных посредством АСУ, АТСС для полуфабрикатов, заготовок, инструментов, оснастки, отходов, переналаживаемая на обработку заготовок заданной номенклатуры в пределах технической возможности оборудования. Технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

ГАУ - указанная, как и в ГАЛ, совокупность оборудования, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

ГАЦ - ГПС, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

ГАЗ - это комплекс ГАЦ, ГАЛ, САУ, ГПМ (литейных, кузнечно-прессовых, металлорежущих и т.д.) и других типов основного оборудования, переналаживаемых на выпуск изделий, входящих в план основного производства.

В настоящее время от производства требуется быстрый переход от изготовления одного вида изделий к другому. Это свойство называют мобильностью или гибкостью. Различают два вида гибкости: при внеплановых изменениях производственного задания; при плановом изменении задания или номенклатуры выпускаемой продукции.

Первый вид гибкости характерен для кратковременного выхода из строя отдельных станков. В этом случае задания выполняются за счет передачи заготовок на аналогичные станки из числа взаимозаменяемых, т.е. исключается сплошная специализация оборудования.

При такой форме гибкости можно несколько расширить число наименований заготовок, обрабатываемых на каждой станке и обеспечить своевременные поставки готовых деталей. Заданная производительность при этом достигается оптимизацией структуры и состава производительной системы для различной (по типу, числу и трудоемкости), но четко ограниченной номенклатуры продукции. Количеством такой формы гибкости можно оценить как число наименований заготовок, которые могут быть обработаны на данной СС.

Второй вид гибкости оборудования комплекса - эффективно изготовить детали как заданной номенклатуры с переменной последовательностью их запуска в производство, так и измененной номенклатуры.

Понятие гибкости производственной системы относится к двум основным областям: производству (управлению и организации); планированию производства (технологии, структуре, мощности).

Технологическая гибкость определяется как универсальность, т.е. способность выполнять на имеющихся СС несколько технологических задач, и как мобильность способность комплекса выполнять различные технологические задачи с небольшими затратами времени на переналадку.

Структурная гибкость характеризуется свободной в выборе последовательности операций обработки. При этом возникает противоречие между стремлением к максимальной загрузке оборудования и стремлением к минимальному производственному циклу.

Стремление к сокращению производственного цикла приводит к построению производственной структуры, ориентированной на изделия (предметный принцип). При этом станки располагают в последовательности выполнения технологического процесса изготовления изделий.

Стремление к увеличению загрузки оборудования приводит к построению производственной структуры, ориентированной на средства производства (технологический принцип). При этом выход из строя одной СС легко компенсируется загрузкой аналогичных, соседних СС. Такая структура требует промежуточного складирования объектов производства.

Гибкость производственной мощности системы характеризуется ее способностью к расширению, компенсационной возможностью, накопительной способностью. Способность к расширению определяется количественными резервами производственной мощности системы (изменением сменности, увеличением выпуска продукции).

Компенсационная возможность заключается в способности системы выравнивать количественные сдвиги производственной программы.

Накопительная способность - способность системы выравнивать количественные колебания структуры заказов за счет среднесрочного временного сдвига начала работы. Чем меньше накопительная способность системы, тем производство является более гибким.

Интегральным показателем гибкости является коэффициент гибкости: $K_g = n/N$, где n - совокупность всех деталей-операций (вся номенклатура заготовок), выполненных или подлежащих выполнению в течение планового периода времени; N - общее число всех деталей, подлежащих изготовлению. При $0,25 < K_g$ ГПС обладает большей гибкостью; $0,1 < K_g < 0,25$ средней и при $0,025 < K_g < 0,1$ - малой гибкостью.

В зависимости от типа производства, сроков сменяемости изготавливаемой продукции, технико-экономических и социальных требований, в машиностроении используются все основные направления автоматизации. ГПС механической обработки создаются для серийного, а в ряде случаев и для массового производства.

16.2. Автоматические линии

Автоматической линией (АЛ) называется система автоматически действующих станков, связанных транспортирующими устройствами и имеющая единое устройство управления. АЛ осуществляет заданную последовательность ряда технологических операций без участия операторов. Периодический контроль оборудования и его подналадку выполняет наладчик. Загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей осуществляется оператором или ПР. Количество установленного в АЛ оборудования обычно не превышает 12 единиц.

АЛ создается на основе агрегатных станков (АС). В основе проектирования АЛ и АС лежит принцип агрегатирования, позволяющий сократить сроки проектирования и изготовления указанного оборудования. Компоновка АС и АЛ и унифицированных узлов повышает их надежность, т.к. происходит непрерывное совершенствование унифицированных узлов (рисунок 16.1).

Заготовки, обрабатываемые на АЛ, должны быть технологичными, иметь стабильную конструкцию, обеспечивать минимальное число установок. Операции технологического процесса должны быть синхронизированы по времени для выполнения заданного такта выпуска изделий. Это осуществляется использованием комбинированного инструмента, согласованием режимов резания на отдельных операциях и другими мероприятиями.

Технологический агрегат АЛ - это машина, которая выполняет одну или несколько законченных частей технологического процесса, кроме накопления и транспортирования заготовок. Транспортный агрегат АЛ - это машина, которая выполняет межоперационные транс-

портные операции технологического процесса.

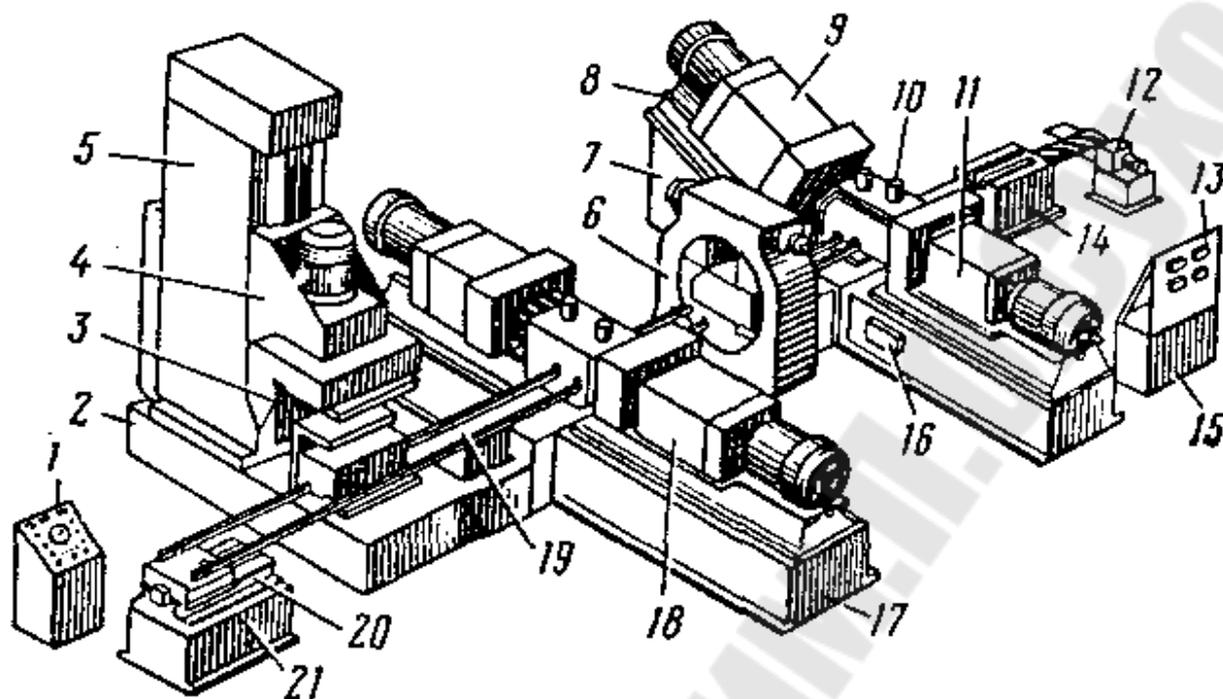


Рисунок 16.1 – Автоматическая линия из агрегатных станков

Накопитель заделов АЛ - устройство для приема, хранения и выдачи межоперационного задела, расположенного между двумя станками или участками АЛ.

Участок АЛ - это ее часть, соединенная с остальным технологическим оборудованием посредством накопителя или транспортного устройства с емкостью для заготовок и полуфабрикатов. Однопредметная (однономенклатурная) АЛ - это линия, в которой обрабатываются заготовки одного типоразмера и наименования. Многопредметная (многономенклатурная) АЛ - линия, в которой одновременно обрабатываются заготовки многих наименований или различных типоразмеров одного наименования.

Связь между технологическими агрегатами АЛ определяется характером транспортных движений между их зонами обработки и наличием или отсутствием между ними межоперационных заделов. В АЛ с жесткой связью эти заделы отсутствуют, и при отказе одного агрегата останавливается вся АЛ. В АЛ с гибкой связью между отдельными агрегатами и участками имеются межоперационные заделы, размещаемые в накопителях или в транспортной системе, отсутствует жесткое координирование во времени работы агрегатов: отказ какого-либо агрегата или участка не вызывает простоя остальных до

тех пор, пока не выработан запас заготовок или не заполнена емкость для готовых деталей.

Классификация АЛ. Структура и конструктивное выполнение АЛ определяется ее назначением, принятым оборудованием и конкретными условиями эксплуатации. АЛ классифицируют по различным признакам.

По типу технологического оборудования АЛ делят на следующие группы:

1. Из АС;
2. Из модернизированных универсальных станков, полуавтоматов и автоматов общего назначения (для обработки валов, дисков, зубчатых колес и т.д.);
3. Из специализированных и специальных станков, изготовленных только для данной АЛ;
4. Из станков с ЧПУ и транспортной системы с ПУ, которыми управляет единая УП.

По виду транспортных систем и способу передачи обрабатываемых заготовок со станка на станок различают АЛ:

1. Со сквозным транспортированием через рабочую зону. Используются в основном для обработки корпусных заготовок на АС;
2. С верхним транспортированием. Применяются для обработки заготовок шестерен, фланцев, валов и других деталей;
3. С боковым (фронтальным) транспортированием. Используются при обработке заготовок коленчатых и распределительных валов, гильз, крупных колец;
4. С комбинированным транспортированием;
5. С роторным транспортированием, применяемым в роторных АЛ, в которых процессы обработки и транспортирования заготовок частично или полностью совмещены во времени.

По типу расположения оборудования различают замкнутые и незамкнутые АЛ. В замкнутых АЛ загрузка заготовок и съем готовых деталей осуществляется в одном месте, что удобно, но доступ к агрегатам затруднен, поэтому наиболее распространены незамкнутые АЛ с прямолинейным, Г-образным, П-образным и другим расположением оборудования.

По структурному построению различают АЛ:

1. С последовательным расположением оборудования;
2. С параллельно последовательным расположением, когда в участках АЛ работают по несколько станков, выполняющих па-

параллельно одну и ту же операцию, а участки в АЛ - последовательно.

По виду обрабатываемых заготовок различают АЛ для обработки корпусных заготовок, заготовок тел вращения и т.д.

По возможности переналадки АЛ делят на переналаживаемые и непереналаживаемые. На первых периодически выполняется переналадка оборудования с обработки заготовки одного типа на другой, незначительно отличающихся по размерам и геометрической форме.

Длинные АЛ с целью уменьшения времени простоев разделяют на несколько самостоятельно функционирующих участков, между которыми устанавливают накопители. В АЛ высокопроизводительных станков накопители могут быть установлены после каждого станка. Целесообразность установки накопителя и его вместимость определяют на основе технико-экономических расчетов. Накопители сокращают простои АЛ, но увеличивают ее стоимость. Вместимость накопителя обычно выбирают для обеспечения 15-120 мин безотказной работы АЛ, исходя из производительности смежных станков или участков.

Накопителем может служить специальное устройство в виде магазина, бункера или сама транспортная система.

Для упрощения установки и закрепления нежестких заготовок корпусов и других деталей сложной конфигурации используют специальные приспособления-спутники, которые обеспечивают сохранность ориентации расположенных на них заготовок при транспортировании и обработке, во время которой спутник автоматически фиксируется и закрепляется на рабочих позициях АЛ.

В таких АЛ возврат спутников на рабочую позицию после снятия готовой детали может выполняться различными способами:

1. В вертикальной плоскости конвейером возврата, расположенным над рабочим конвейером. Перемещение спутника в вертикальной плоскости осуществляется подъемником и опускателем. Подача спутника с заготовкой с рабочего конвейера в станок и обратно производится загрузочным устройством;

2. В горизонтальной плоскости сзади станков конвейерами возврата, расположенными на одной высоте с рабочим конвейером. Перемещение спутника в вертикальной плоскости осуществляется подъемником и опускателем. Подача спутника с заготовкой с рабочего конвейера в станок и обратно производится загрузочным устройством;

3. В горизонтальной плоскости сзади станков - конвейерами

возврата, расположенными на одной высоте с рабочим конвейером. Имеются АЛ, в которых конвейер возврата расположен выше рабочего конвейера. В этом случае передающие конвейеры выполняются наклонными.

4. В горизонтальной плоскости конвейерами возврата и устройствами для передачи спутников между конвейерами; 5. По рабочим позициям АЛ, где возврат разгруженных спутников отсутствует.

В ряде АЛ, предназначенных для обработки заготовок очень сложной формы (например, коленчатых или эксцентриковых валов) спутники служат только для транспортирования заготовок между станками. В этом случае заготовка снимается со спутника и переносится для обработки на станок порталным манипулятором, который перемещает по траверсе каретку с двумя руками для захвата заготовки и обработанной детали.

Роторные АЛ. По структуре роторные АЛ, используемые в массовом производстве имеют существенные отличия от АЛ, скомпонованных из АС и других станков, соединенных транспортной системой, Роторные АЛ комплектуются из роторных автоматов, в которых все технологические операции выполняются в процессе непрерывного транспортного движения обрабатываемой заготовки вместе с инструментом. Траектория транспортного перемещения изготавливаемой детали по всем станкам обеспечивается транспортными роторами. Высокая производительность роторных АЛ обеспечивается числом позиций роторных автоматов и частотой вращения роторов.

Роторная АЛ состоит из многошпиндельных роторных станков-автоматов, которые связаны между собой транспортными роторами, выполняющими посредством клещей загрузку заготовок на первый автомат, их передачу между автоматами выгрузку готовых деталей. В роторном автомате заготовки переносятся толкателями из клещей в патроны рабочих шпинделей. Шпиндели совместно с суппортами и закрепленным на них режущим инструментом смонтированы на барабане, который медленно вращается на центральной неподвижной колонне. Суппорты получают необходимые перемещения через тяги от неподвижного копира.

Применение АЛ снижает себестоимость изготовления деталей, сокращает число рабочих и занимаемые площади. По сравнению с отдельно работающими АС скомпонованные из них АЛ эффективнее в несколько раз: сокращается объем незавершенного производства. В АЛ для выполнения разнообразных операций по загрузке заготовок,

выгрузке готовых деталей, по межоперационному складированию, ориентации и перемещению в процессе изготовления используются различные автоматические загрузочные, ориентирующие, поворотные, транспортные устройства, механизмы контроля, устройства для отвода стружки.

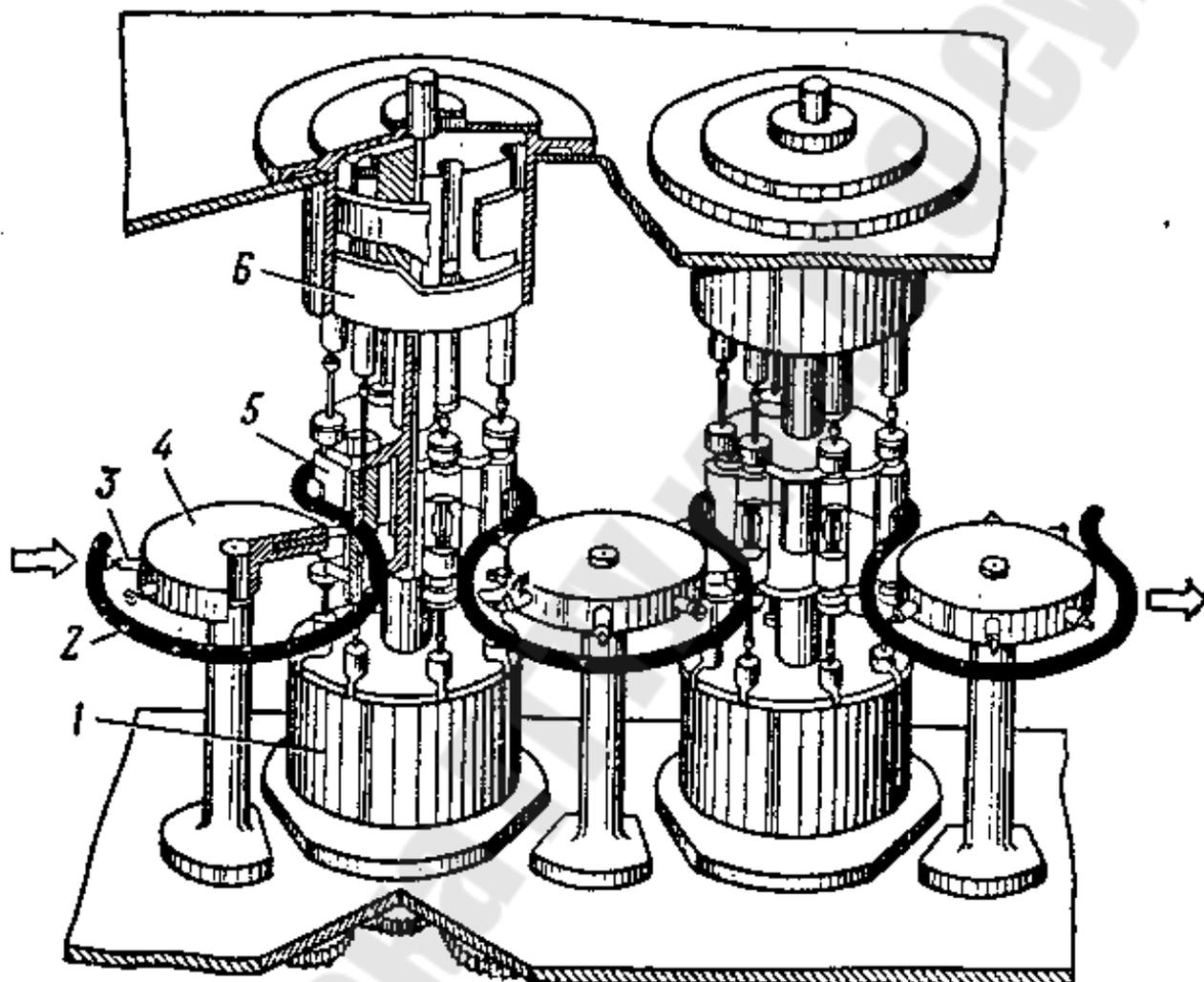


Рисунок 16.2 – Роторная автоматическая линия

Загрузочные устройства АЛ. По месту расположения автоматические загрузочные устройства подразделяются на встроенные, являющиеся неотъемлемыми частями автоматов и работающие от общего привода, и на расположенные около автоматов и между участками АЛ, работающие от самостоятельного привода. По характеру подачи заготовок загрузочные устройства разделяют на устройства непрерывного и циклического действия. Они имеют механический, гидравлический или пневматический привод.

Загрузочные устройства осуществляют накопление и выдачу заготовок, полуфабрикатов или изделий в ориентированном положении

и состоят из емкости и целевых механизмов: захвата; отсекающего; сбрасывателя; привода. В зависимости от метода накопления устройства подразделяют на бункерные, магазинные и штабельные. В бункерных устройствах объекты производства в емкости находятся в неориентированном положении. Посредством специального механизма они ориентируются и выдаются из бункерного устройства. В магазинных устройствах объекты производства, размещаются в емкости в ориентированном положении в один ряд, а в штабельных устройствах - в несколько рядов или слоев.

Загрузочные устройства по конструкции подразделяют на: цепные, фрикционные, трубчатые, дисковые и лотковые. Заготовки могут перемещаться в бункере или магазине под действием цепи, подающего диска, толкателя вращающихся щеток вибрационного механизма и других механизмов, а также под действием сил гравитации (массы). Перемещение заготовок может быть прерывистым и непрерывным.

Транспортные системы АЛ. Системы классифицируются по различным признакам:

1. По характеру транспортной связи между технологическим оборудованием АЛ различают транспортные системы синхронные (жесткие) и несинхронные (гибкие). В АЛ из АС для изготовления корпусных деталей наиболее часто используют транспортные системы с жесткой связью технологического оборудования, и которым относятся конвейеры с убирающимися собачками или поворачивающимися фланцами. Для сокращения простоев оборудования в АЛ с жесткой связью применяют конвейеры с управляющими собачками, выполняющими небольшое межоперационное накопление объектов производства между станками. В АЛ с гибкой связью, которые используют в основном для обработки заготовок тел вращения, чаще всего используют транспортные системы в виде цепных, роликовых, винтовых, вибрационных конвейеров, подъемников, лотков. При гибкой связи координация перемещений объектов производства в АЛ отсутствует.

2. По характеру перемещения объектов производства в АЛ различают транспортные устройства циклического и непрерывного действия.

3. По способу перемещения объектов производства транспортные системы подразделяют на системы с перемещением под действием силы гравитации, с принудительным перемещением и с переме-

щением смешанным способом.

4. По целевому назначению транспортные системы подразделяют на системы межоперационного и межстаночного обслуживания и для удаления отходов - стружки.

Механизм изменения ориентации АЛ выполняют поворот заготовок на 90° и 180° . Для изменения ориентации корпусных заготовок используют барабаны для поворота вокруг горизонтальной оси, столы для поворота вокруг вертикальной оси, кантователи для поворота вокруг наклонной оси. Изменение ориентации заготовок тел вращения происходит при их транспортировании в лотках.

Системы управления АЛ. Выполнение заданного цикла работы отдельных механизмов в автомате отдельных встроенных единиц оборудования в АЛ осуществляется системами автоматического управления. Заданная последовательность работы оборудования АЛ обеспечивается своевременной подачей однозначных команд приводным и исполнительным органам станков и механизмов. В общем случае система управления АЛ состоит из трех типов устройств, служащих для получения информации, ее преобразования и передачи, использования информации дополнительными механизмами. В систему управления АЛ входит ряд подсистем: блокирования, контроля размеров обрабатываемых заготовок, сигнализации и т.д. В задачи системы управления АЛ входит автоматическое нахождение места появления отказа и определение его характера получение информации для управления эксплуатацией оборудования, данных о производительности АЛ, учет и анализ простоев, контроль состояния режущего инструмента.

Для управления АЛ часто используют путевой контроль на основе релейно-контактной аппаратуры. Системы управления АЛ строятся также на основе командоаппаратов программируемых контроллеров (ПК), представляющих собой малые управляющие машины, выполненные на элементах вычислительной техники.

Выпускаются два вида ПК:

1. Малые ПК-ПКМ, служащие только для управления циклом работы оборудования;
2. Большие ПК-ПКБ обеспечивающие управление циклом и организацию технического обслуживания оборудования.

Конструкции АЛ. Автоматические линии создают для изготовления деталей крупносерийного и массового производства: корпусов, валов, шестерен и т.д. Создают также комплексы АЛ для изготовле-

ния изделий, например, шариковых, роликовых и карданных подшипников качения.

АЛ для обработки валов. В таких АЛ технологическое оборудование располагают перпендикулярно или параллельно относительно транспортной системы. В первом случае транспортная система обычно проходит сквозь оборудование, а во втором случае располагается перед станками или над ними.

Переналаживаемые АЛ (ПАЛ) используются в крупносерийном и массовом производстве, ПАЛ могут переналаживаться вручную, автоматически или комбинировано на одновременную или последовательную обработку группы однотипных по размерам и технологии изготовления заготовок. ПАЛ komponуют из тех же элементов, что и переналаживаемые АЛ. В ПАЛ предусматривают резервные позиции для заготовок с частично измененной конструкцией. Эти позиции оснащены устройствами для установки и закрепления заготовки и дополнительными силовыми механизмами, которые кроме движения подачи могут перемещаться по одной - двум координатам. Силовые механизмы с поворотными устройствами обеспечивают поочередную автоматическую подачу в зону обработки до 4-6 многошпиндельных коробок или отдельных режущих инструментов. При переналадке ПАЛ для обработки заготовок другого типа заменяют базисные устройства, элементы инструментальной наладки, регулируют приводы на новые режимы резания, переналаживают системы управления. ПАЛ управляются посредством ПК.

17. ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ

17.1. Промышленные роботы

ПР - автоматическая машина, стационарная или подвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

По характеру выполняемых операций ПР подразделяют на три группы:

1. Производственные роботы, служащие для автоматизации основных операций технологического процесса (сборка, сварка, окраска и т.д.);
2. Подъемно-транспортные роботы, служащие для автоматизации вспомогательных операций (установка и снятие заготовок и инструмента, удаление стружки и т.д.);
3. Универсальные роботы, выполняющие как основные, так и вспомогательные операции.

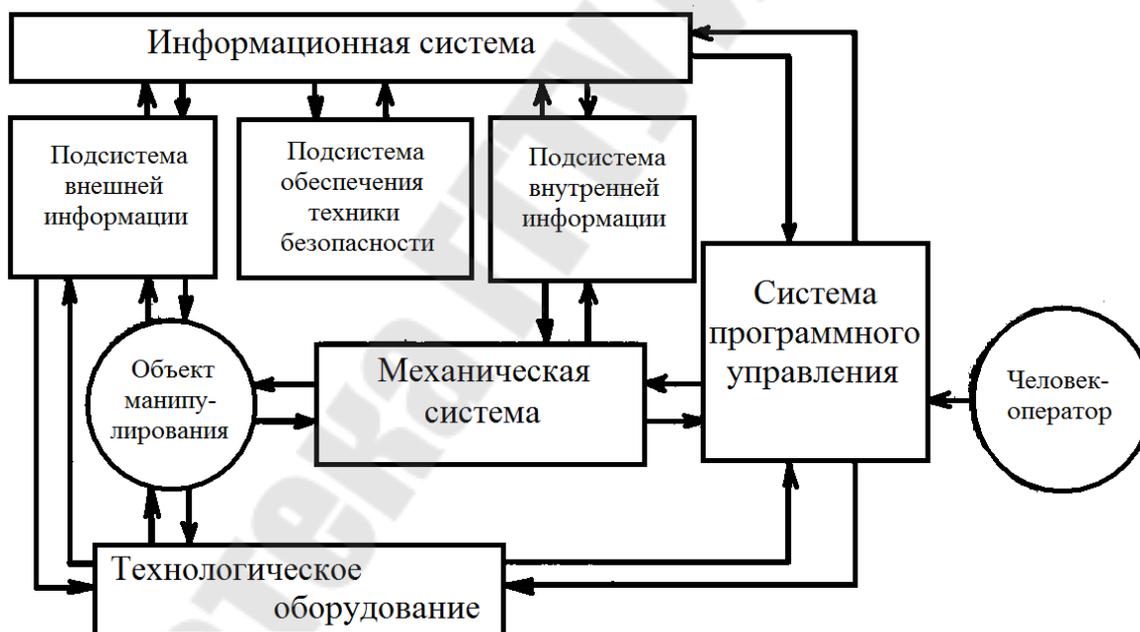


Рисунок 17.1 – Структурная схема промышленного робота

Основным элементом любого ПР является механическая система, предназначенная для выполнения двигательных функций и реализации его технологического назначения. Механическая система конструктивно состоит из следующих основных узлов: несущих конструкций; приводов; исполнительных механизмов и захватных устройств. Захват и удерживание объекта манипулирования выполняется захватным устройством, которое устанавливается на исполнительном механизме, часто называемом рукой ПР.

Система программного управления служит для программирования движений ПР, как правило, технологического оборудования, сохранения УП, ее воспроизведения и обработки.

Информационная система выполняет сбор, первичную обработку и передачу в систему программного управления данных о функционировании узлов и механизмов ПР и о состоянии внешней среды (объекта манипулирования, технологического оборудования).

Информационные системы ПР по функциональному назначению подразделяют на три подсистемы:

1. Восприятия и переработки информации о внешней среде, в которой работает ПР;
2. Внутренней информации о состоянии самого ПР;
3. Обеспечения техники безопасности.

Модель ПР для использования в конкретных производственных условиях выбирают по технологическим показателям, к которым относятся:

1. Номинальная грузоподъемность ПР;
2. Усилие зажима (захвата, удержания) объекта манипулирования захватным устройством;
3. Число степеней подвижности ПР - сумма возможных координатных движений объекта манипулирования относительно, основания ПР;
4. Рабочая зона ПР - пространство, в котором может находиться исполнительное устройство при функционировании ПР. Рабочая зона характеризуется формой и геометрическими размерами;
5. Погрешность позиционирования ПР (отклонения положения рабочего органа ПР от заданного УП);
6. Мобильность - способность ПР совершать движения.

По мобильности ПР подразделяют на две группы:

1. стационарные (обеспечивающие ориентирующие и транспортирующие движения);
2. передвижные (обеспечивающие дополнительно к указанным еще и координатные движения).

Исполнительные механизмы ПР. Исполнительный механизм (манипулятор) ПР представляет собой совокупность подвижно соединенных звеньев, служащих для воздействия на объект манипулирования или обрабатываемую среду. Соединение звеньев манипулятора в кинематическую цепь выполняется посредством кинематических пар. В большинстве конструкций манипуляторов ПР применя-

ются кинематические пары класса V вращательные или поступательные. Они обеспечивают одну степень свободы в относительном движении каждого из подвижно соединяемых звеньев.

Важной характеристикой манипулятора является число степеней подвижности, определяемое числом степеней свободы кинематической цепи относительно неподвижного звена. В открытых кинематических цепях, к которым относятся манипуляторы ПР число подвижных звеньев всегда равно числу кинематических пар. Для кинематической цепи, состоящей только из кинематических пар класса V, число степеней подвижности $W = 6n - 5p$.

Звенья манипуляторов ПР в большинстве случаев образуют поступательные и вращательные пары класса V. В случаях, когда в кинематическую цепь входят только вращательные пары, манипулятор ПР имеет антропоморфную схему, подобную руке человека.

Для обеспечения перемещения захватного устройства ПР в любую точку рабочего пространства манипулятор должен иметь три степени подвижности. Еще три такие степени нужны для обеспечения захватному устройству любой ориентации в этой точке. В зависимости от конкретных условий производства манипуляторы ПР имеют от двух до семи степеней подвижности.

В зависимости от конструктивной схемы захватное устройство манипулятора ПР может располагаться в рабочей зоне, имеющей ту или иную форму, а его движения осуществляться в различных системах координат, которые бывают двух видов: прямоугольные и криволинейные. В прямоугольной системе координат (плоская и пространственная) объект манипулирования помещается в определенную точку рабочей зоны за счет прямолинейных перемещений звеньев манипулятора ПР по двум (или трем) взаимно перпендикулярным осям. В криволинейной системе координат наиболее распространены полярные плоские, цилиндрические и сферические координаты. К разновидностям криволинейной системы относятся ангулярная плоская и пространственная (цилиндрическая и сферическая) координаты, которые характерны для многозвенных манипуляторов ПР.

Приводы ПР. Для перемещения рабочих органов ПР используют пневматические, гидравлические, электрические и комбинированные приводы. Наиболее распространены пневматические приводы (45% общего мирового парка ПР).

Приводы ПР классифицируют по ряду признаков. По числу двигателей различают групповой, однодвигательный и многодвигатель-

ный привод. Групповой привод обеспечивает одновременное перемещение нескольких звеньев ПР, либо может обеспечивать согласованное перемещение звеньев нескольких ПР. Для передачи заданной мощности на несколько звеньев и ее распределения между ними используют трансмиссии, поэтому такой привод также называют трансмиссионным. Индивидуальный или однодвигательный привод обеспечивает движение только одного звена исполнительного механизма ПР. Это значительно упрощает конструкцию механических передач, а в ряде случаев позволяет отказаться от них. У многодвигательного привода двигатели совместно работают на общий вал, что дает возможность распределить потребляемую мощность между отдельными двигателями и улучшить условия работы механической передачи.

По способу управления приводы делят на:

- нерегулируемые, обеспечивающие движение звеньев с одной рабочей скоростью;
- регулируемые, обеспечивающие регулирование скорости движения звеньев под воздействием устройств управления;
- следящие, обеспечивающие отработку перемещений с определенной точностью согласно произвольно меняющемуся задающему сигналу;
- адаптивные - автоматически избирающие параметры управления при изменении условий работы с целью выработки оптимального режима.

Типовые конструкции ПР. Конструкция механической системы ПР зависит от служебного назначения, привода, системы управления и ряда других факторов.

Напольные ПР с качающейся выдвигной рукой работают в сферической и цилиндрической системах координат.

Напольные ПР с горизонтальной выдвигной рукой и консольным механизмом подъема наиболее распространены, ПР с пневматическим приводом и выдвигной рукой работает в цилиндрической системе координат. Рука ПР представляет собой пневмоцилиндр с выдвигным штоком, на конце которого установлено захватное устройство. На основании расположены механизм поворота вокруг вертикальной оси и механизм вертикального подъема руки.

Поворот вокруг вертикальной оси выполняется двумя пневмоцилиндрами, соединенными цепной передачей с блоком звездочек, смонтированным на поворотной колонне. Такие ПР выпускают в од-

но, двух, трехруком исполнении.

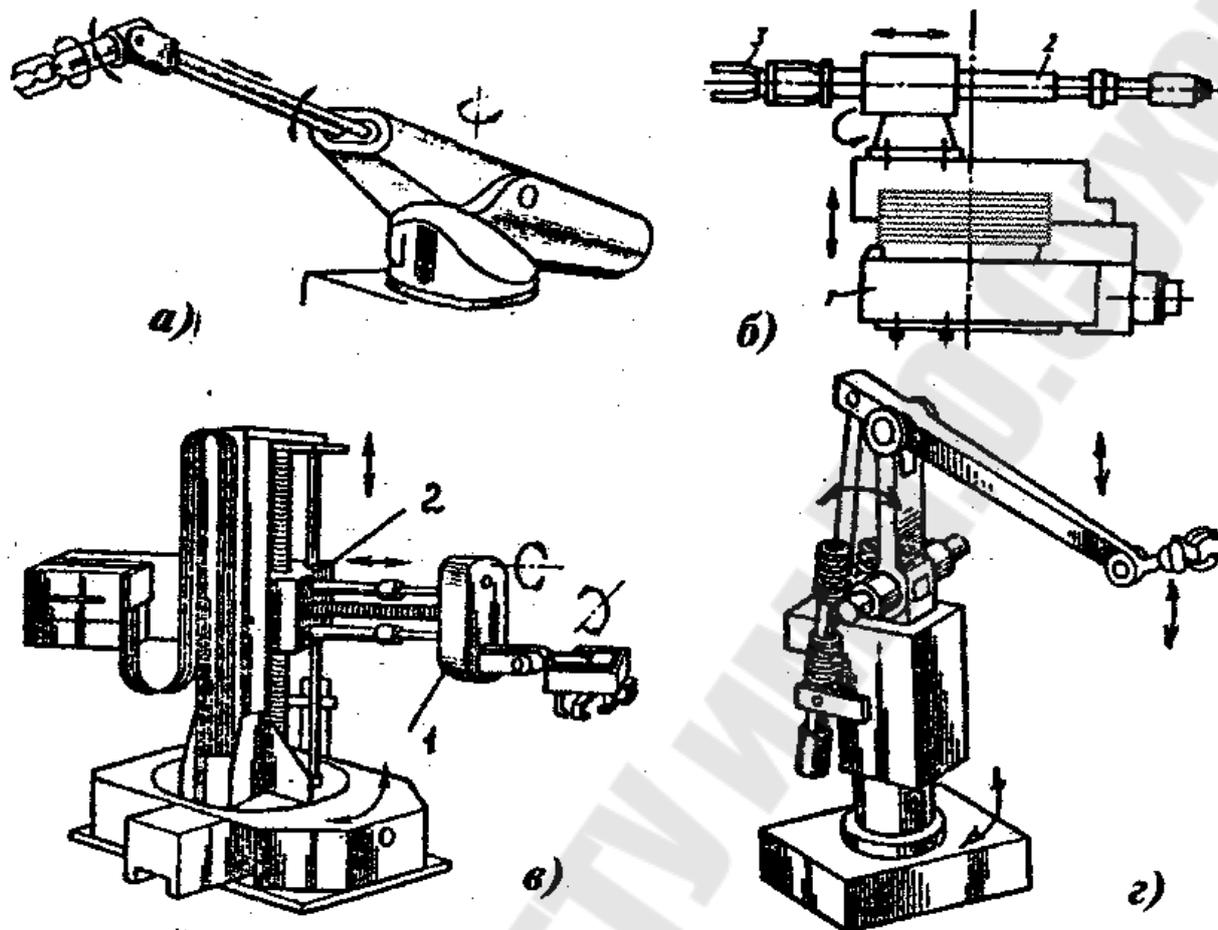


Рисунок 17.2 – Типовые конструкции напольных ПР

Напольные ПР с горизонтальной выдвижной рукой, установленной на подъемной каретке работают в цилиндрической системе координат и могут обслуживать один или два станка. В ПР такого рода используют все виды приводов рабочих органов и их комбинации, а также все известные виды систем управления. Грузоподъемность различных конструкций ПР от 1 до 1000 кг, число степеней подвижности от трех до семи.

Напольные роботы с многозвенной рукой работают, как правило, в ангулярной системе координат, оснащаются гидравлическими или электрическими приводами и управляются посредством позиционной или контурной системы.

Портальные ПР. Преимуществами этих ПР является экономия производственной площади и удобство обслуживания. Использование опорных систем большой длины позволяет компоновать участки с групповым обслуживанием станков одним ПР при линейном расположении оборудования.

ПР строят на основе агрегатно-модульного принципа. Новые

модели ПР создаются на базе унифицированных агрегатных узлов и блоков. Это обеспечивает широкий диапазон конструкции ПР с техническими параметрами, которые наиболее полно соответствуют конкретным требованиям производства.

Захватные устройства ПР. Эти устройства предназначены для захватывания и удержания в определенном положении объектов манипулирования (заготовок или инструментов). ПР комплектуют набором типовых захватных устройств, которые можно менять в зависимости от конкретного рабочего задания.

Захватные устройства ПР классифицируют по принципу действия и способу управления, характеру базирования объекта манипулирования, степени специализации.

По принципу действия захватные устройства подразделяют на механические, магнитные, электромагнитные, вакуумные с эластичными камерами. По способу управления различают неуправляемые командные, жесткопрограммируемые и адаптивные захватные устройства.

Неуправляемые захватные устройства - устройства с постоянными магнитами или с вакуумными присосками без принудительного разряжения в виде разрезных упругих валиков, подпружиненных клещей и т.д. Эти устройства используют в массовом производстве при манипулировании с объектами небольшой массы и габаритных размеров.

Командные захватные устройства управляются только командами на захватывание или опускание объекта.

В жесткопрограммируемых захватных устройствах, управляемых системой управления ПР, усилие зажима и величина перемещения губок могут регулироваться в зависимости от заданной программы.

Широкозахватное центрирующее захватное устройство со сменными губками, которые позволяют манипулировать объектами различной формы. На штоке пневмоцилиндра установлена планка, на которой шарнирно закреплены тяги, связанные с рычагами. К последним крепятся держатели, несущие сменные губки. Переналадка на другой тип объекта манипулирования выполняется перестановкой осей тяг в дополнительные отверстия планки сдвигом держателей по рычагам и сменой держателей или губок. При загрузке токарных станков с ЧПУ применяют центрирующие захватные устройства, оснащенные подпружиненными упорами для фиксации объекта по

торцу в момент смены баз. Центрирующее захватное устройство с расширяющейся эластичной камерой, которая закреплена на корпусе пружинными кольцами. При подаче сжатого воздуха через отверстия в корпусе камера раздувается и удерживает объект за счет силы трения.

В вакуумных захватных устройствах для захвата изделий применяют различные виды присосок из резины или пластмасс. Для создания вакуума используют насосы различного типа, в большинстве случаев эжекторные, работающие под действием сжатого воздуха.

Электромагнитные захватные устройства по конструкции и области применения примерно аналогичны вакуумным, обладающим более простой конструкцией, более высокой скоростью захвата изделий и силой притяжения на единицу площади поверхности. Однако их можно применять только для изделий из магнитных материалов.

Системы управления ПР. В зависимости от служебного назначения ПР структуры систем автоматического программного управления отличаются как по составу, так и по организации взаимодействия между составляющими элементами. Каждую из типовых систем управления ПР можно рассматривать как частный случай системы, структурная схема которой дана на рисунке 17.3.

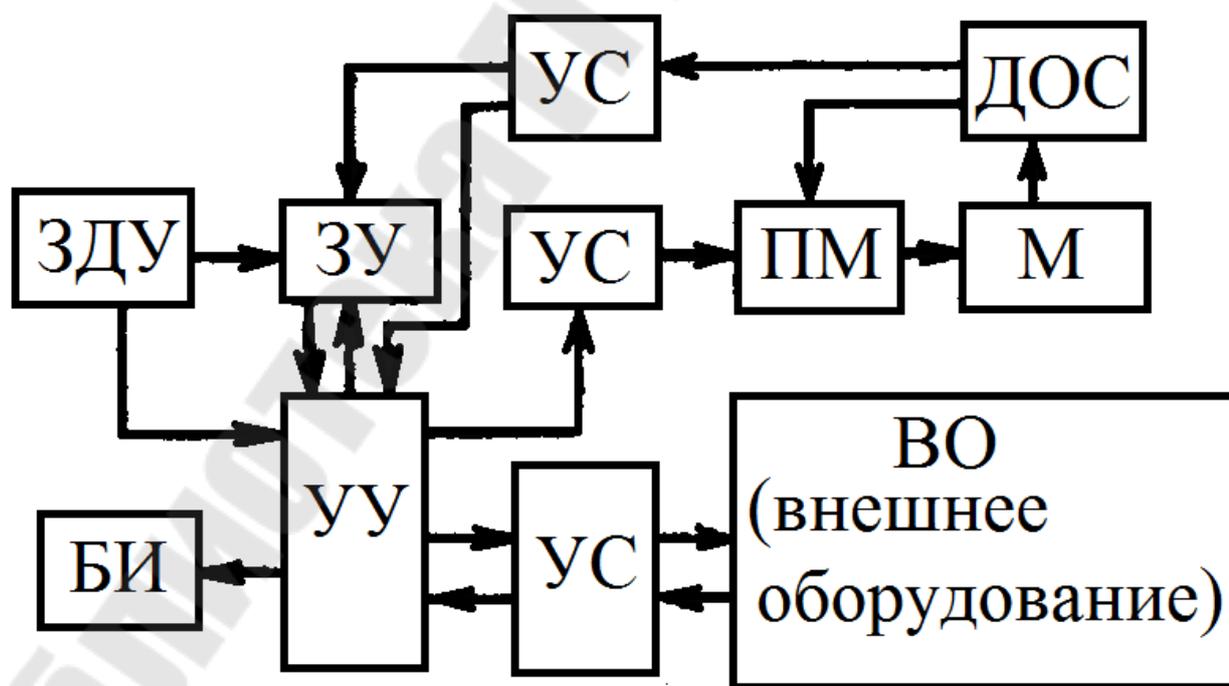


Рисунок 17.3 – Структурная схема системы программного управления ПР

Информацию о требуемой траектории перемещения захватного устройства ПР записывают с помощью устройства ЗДУ. Эту опера-

цию называют программированием систем управления ПР. Управляющее устройство (УУ) реализует алгоритмы управления, которые обеспечивают выполнение программных движений, синхронизируют работу всех подсистем ПР совместно с внешним оборудованием (ВО), ведут контроль состояния системы и выдают информацию в блок индикации (БИ).

Сигналы, выработанные УУ, преобразуются в устройствах сопряжения (УС) и поступают в подсистему привода манипулятора (ПМ), которые согласно программе перемещают звенья манипулятора. Истинное положение этих звеньев определяется посредством ДОС. Информация от ДОС, преобразованная в УУ, используется для управления. При некоторых способах программирования эта информация передается в запоминающее устройство (ЗУ).

Система может работать в одном из двух режимов: программирование и автоматическое воспроизведение программных движений.

17.2. Гибкие производственные модули

Гибкий производственный модуль (ГПМ) представляет собой многоцелевой станок (МС), оснащенный дополнительными устройствами для возможности его включения в состав ГПС.

ГПМ могут эксплуатироваться также автономно в условиях мелкосерийного производства с максимальным использованием их технологических возможностей и гибкости в переналадке. При автономном использовании ГПМ их часто называют гибкими производственными ячейками (ГПЯ).

В состав ГПМ включаются, как правило, МС наиболее высокого технического уровня. Высокая производительность таких МС обеспечивается увеличением мощности главного привода, расширением диапазонов частот вращения шпинделя и рабочих подач, сокращением вспомогательного времени, быстродействием работы всех узлов и механизмов, а также использованием многолезцовых инструментов и многошпиндельных головок. Высокая точность и стабильность работы МС достигается улучшением характеристик и жесткости направляющих, повышением жесткости и точности исполнительных механизмов приводов подач, точности измерительных систем и коррекции ошибок позиционирования за счет использования электронных устройств, применением термодинамических несущих систем МС, методов термостабилизации, интенсивного охлаждения и отвода

стружки. Экономичность эксплуатации ГПМ повышается в результате высокой производительности, гибкости, сокращения обслуживания, а также более рациональной компоновки МС.

ГПМ может работать в автоматическом режиме 1-2 смены и более при определенных условиях: автоматическая загрузка партии заготовок, контроль и замена режущего инструмента, проверка и обслуживание оборудования и т.д.

Металлорежущие ГПМ по назначению подразделяют для обработки заготовок корпусов, плоскостных деталей, тел вращения и универсальные, служащие для обработки заготовок различных технологических классов, например, корпусов и тел вращения.

По уровню автоматизации ГПМ подразделяют на три группы.

К первой группе относятся ГПМ с автоматической сменой заготовок и инструментов, которые выполняют автоматический цикл обработки, но требуют постоянного наблюдения за технологическим процессом.

ГПМ второй группы оснащены устройствами контроля процесса обработки и поэтому постоянного присутствия оператора не требуется.

ГПМ третьей группы характеризуются наличием устройств автоматической смены комплектов инструментов и приспособлений и возможностью адаптации к изменяющимся условиям технологического процесса, что необходимо при работе в режиме малолюдной технологии.

Каждую из указанных групп ГПМ по признаку технологических классов обрабатываемых заготовок классифицируют по ряду других признаков: интеграции видов обработки, концентрации обработки, степени универсальности, точности, компоновке. По точности ГПМ различаются на класс П основного исполнения и класс А прецизионного исполнения.

Компоновки ГПМ. Основные типы компоновок ГПМ стандартизованы. ГПМ строят по принципу агрегатирования. Это позволяет из сравнительно ограниченного комплекта унифицированных узлов создавать без значительных дополнительных затрат разнообразные модификации ГПМ, приспособленных к конкретным требованиям заказчиков по технологическим возможностям, объему рабочего пространства, количеству и номенклатуре рабочих органов, уровню автоматизации, а также другим параметрам.

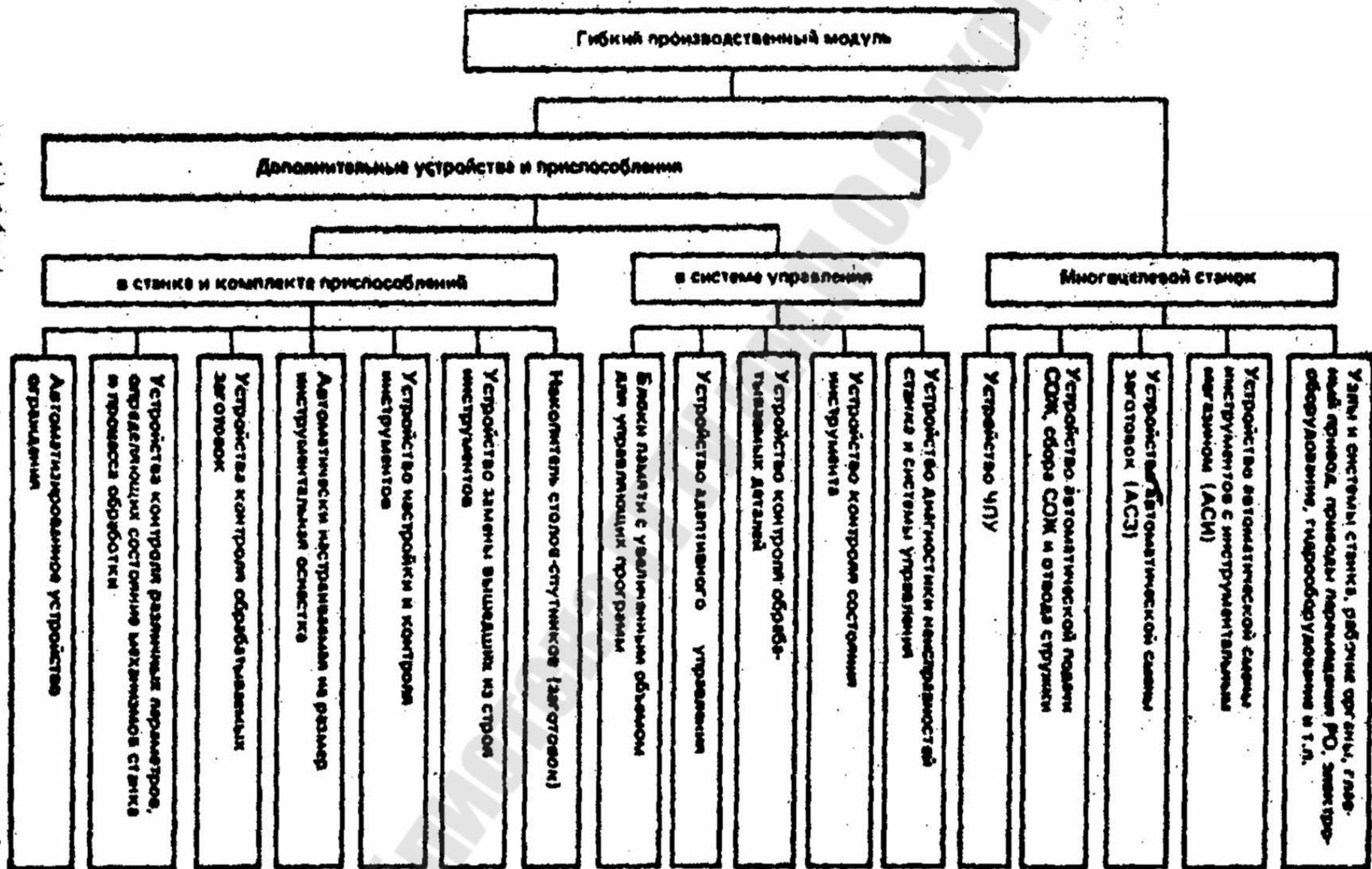


Рисунок 17.4 – Структура гибкого производственного модуля

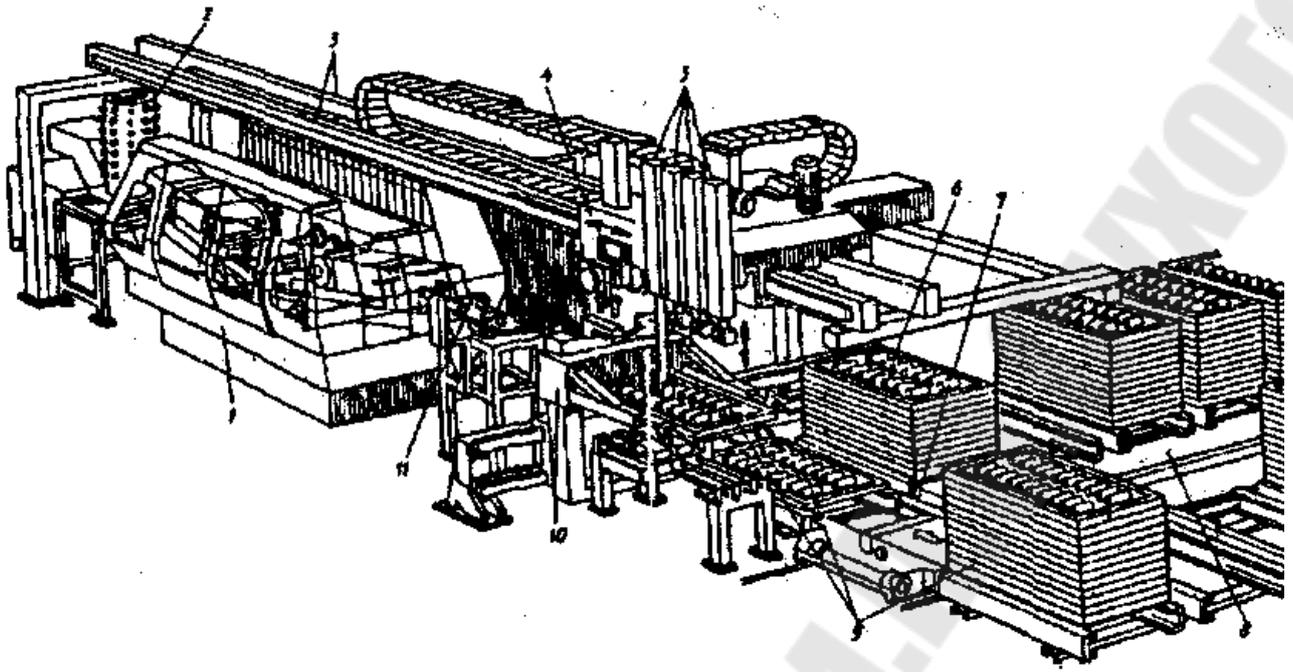


Рисунок 17.5 – ГПМ для обработки заготовок тел вращения

17.3. Гибкие производственные системы

ГПС являются наиболее эффективным средством автоматизации, позволяющим переходить с изготовления одного вида продукции на другой с минимальными затратами времени и труда.

По технологическому назначению ГПС подразделяют на три класса: для изготовления деталей или полуфабрикатов; сборочные для выполнения технологических процессов агрегатной или общей сборки; комбинированные, предназначенные как для изготовления деталей, так и для сборки из них агрегатов или изделий.

Первый класс ГПС по конструктивным характеристикам изготавливаемых деталей подразделяется на ГПС для изготовления деталей типа «тел вращения», ГПС для изготовления корпусных деталей.

По виду технологических процессов ГПС могут быть заготовительными (штамповочные, литейные и т.д.), механообрабатывающими, для термообработки, для покрытий, смешанные.

По структуре ГПС подразделяют на узко и широкономенклатурные. В узкономенклатурных ГПС количество наименований одновременно запускаемых в производство изделий невелико (не более 10). Номенклатура изделий обычно полностью известна и остается без изменения в течение относительно длительного периода времени. Такие ГПС могут использоваться в крупносерийном и массовом переналаживаемых производствах и выпускать параллельно несколько модификаций изделий. В широкономенклатурных ГПС количество

наименований изготавливаемых изделий может достигать нескольких сотен в год. При этом вся номенклатура изделий может быть неизвестной до начала проектирования ГПС. Объем производственной программы по каждому наименованию составляет от нескольких единиц до нескольких десятков изделий в год.

ГПС могут быть с общим маршрутом изготовления для всей номенклатуры изделий или с независимыми маршрутами изготовления каждого изделия закрепленной номенклатуры.

В состав ГПС входят: основное технологическое оборудование, вспомогательное оборудование в виде устройств загрузки и разгрузки, устройства складирования, хранения и накопления заготовок, деталей, средств технологического оснащения, отходов производства, устройства транспортирования, устройства технологического оснащения, автономные устройства управления как ГПС в целом, так и ее отдельными подсистемами, включающими вычислительные комплексы (УВК) разного уровня, программно-математическое обеспечение подготовки и управления функционированием ГПС, информационное обеспечение (датчики состояния ГПС, устройства передачи, преобразования и регистрации информации).

При функционировании ГПС человек непосредственного участия в производственном процессе не принимает, а выполняет работу по ее обслуживанию, ремонту оборудования и наблюдает за правильностью всех операций.

Уровень автоматизации современного производства постоянно повышается. Появились интегрированные ГПС, которые управляются от единой ЭВМ и состоят из самых разнородных, но необходимых для данного изделия оборудования и установок.

17.4. Роботизированные комплексы

Роботизированные комплексы являются составной частью ГПС. В состав комплексов включаются ПР. В роботизированных технологических комплексах (РТК) ПР выполняет вспомогательные операции типа «взять-положить», в роботизированных производственных комплексах (РПК) ПР выполняют основные операции технологического процесса (сварку, сборку, окраску).

В состав РТК кроме ПР входят металлорежущие станки, вспомогательное транспортное оборудование, включающее накопители, магазины заготовок, инструментов и т.д. В зависимости от числа станков, обслуживаемых одним ПР, различают одностаночные и мно-

гостаночные РТК.

В состав любого РТК входят также устройства управления как отдельным ПР, так и всем РТК. Число устройств управления, как правило, равно числу станков и других технологических машин (в том числе и ПР). В ряде случаев для управления одностаночного РТК используют общую систему управления, особенно тогда, когда управление станком и ПР выполняется раздельно во времени.

Металлорежущие станки, предназначенные для встраивания в РТК, должны обладать высокой производительностью, высоким уровнем концентрации разнохарактерных переходов обработки, удобным доступом к рабочей зоне станка, механизмами автоматической смены инструмента, зажима заготовок. Конструкция станка должна обеспечивать автоматическое открывание и закрывание защитных экранов, ограждающих зону обработки, автоматический обдув или обмыв базовых поверхностей приспособлений для закрепления заготовок, дробление и уборку стружки. Для встраивания в РТК серийно выпускаемые станки модернизируют или разрабатывают специализированное оборудование вновь.

РТК на базе напольных ПР. Круговую компоновку используют при стационарных ПР, линейно-параллельную - при подвижных ПР.

РТК с групповым обслуживанием в зависимости от количества выпускаемых изделий может иметь различные организационные формы загрузки оборудования: от независимой работы каждого станка до поточной линии.

РТК для индивидуального обслуживании оборудования входит станок и автономный или встроенный в оборудование ПР, перемещающий заготовки из накопителя к станку, а от станка к конвейеру. Такую компоновку РТК используют в средне и крупносерийном производстве. В РТК автоматизированы операции установки заготовки, снятия детали, фиксации заготовки в рабочей зоне обработки. Обеспечиваются транспортные и информационные связи с основным производством.

При групповом обслуживании оборудования, имеющим круговое линейное или линейно-параллельное расположение, ПР выполняет еще и межстаночное транспортирование заготовок. В настоящее время серийно выпускают РТК типа станок - ПР на базе станков токарной, сверлильной, фрезерной и шлифовальной групп, а также станков с ЧПУ.

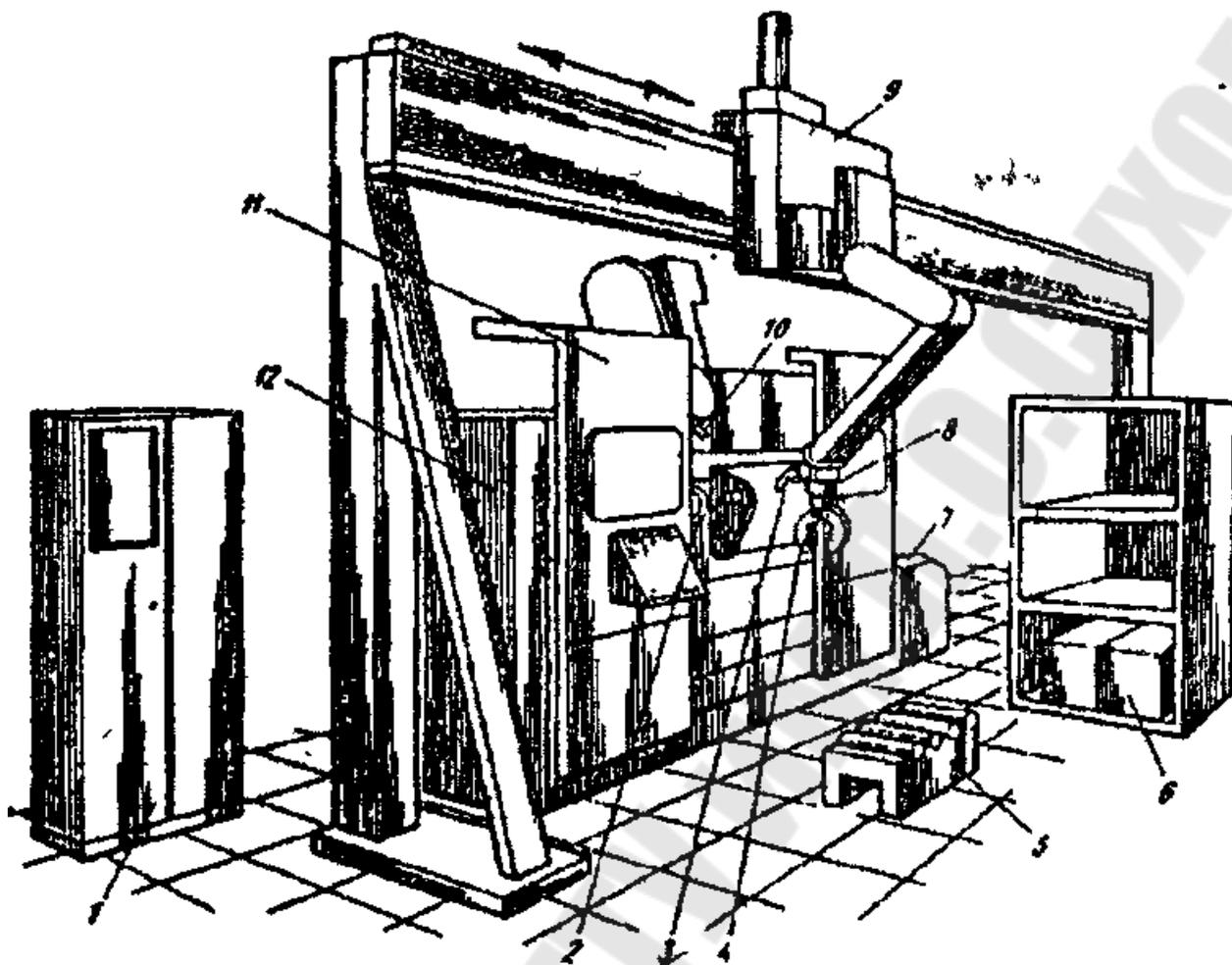


Рисунок 17.6 – РТК на базе токарного станка

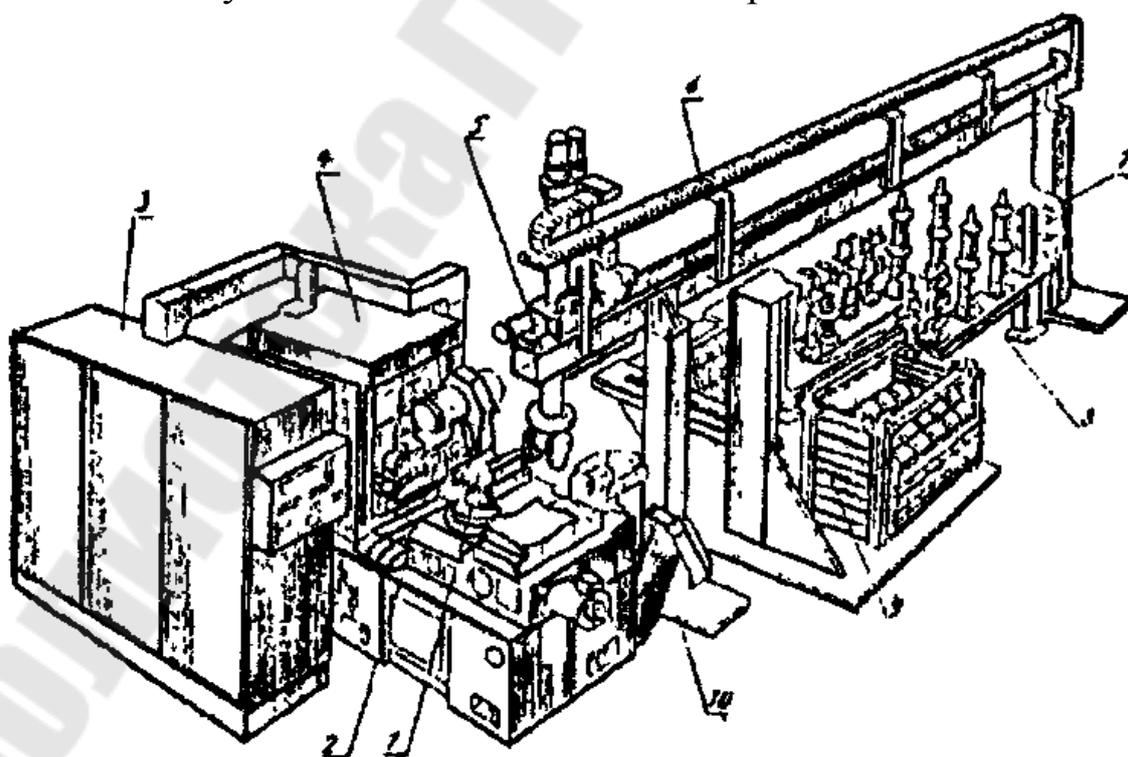


Рисунок 17.7 – РТК на базе зубофрезерного станка для обработки зубчатых колёс

17.5. Гибкие автоматизированные участки

Назначение и классификация. Гибкие автоматизированные участки из станков с ЧПУ, управляемых ЭВМ используют в мелко- и среднесерийном производстве. ЭВМ выполняет прямое числовое управление группами станков, управление системами, которые обеспечивают каждое рабочее место заготовками, инструментом, оснасткой и УП, планирование и диспетчирование производства. Подготовка УП обработки и ее контроль осуществляет ЭВМ.

ГАУ классифицируют по технологическому назначению и компоновке.

По технологическому назначению ГАУ из станков с ЧПУ подразделяют на три группы:

1. для обработки заготовок тел вращения (фланцы, втулки, валы и т.д.) - участки типа АСВ;
2. для обработки заготовок корпусов (основания, станины, корпуса коробок скоростей, подачи и т.д.) - участки типа АСК;
3. для обработки плоских заготовок (панели, крышки, планки и т.д.) - участки типа АСП.

По компоновке различают ГАУ:

1. с линейной одно- или многорядной компоновкой (станки расположены в один или несколько рядов, а транспортно-накопительные системы параллельно им);
2. с круговой компоновкой (станки расположены вокруг центрального склада накопителя);
3. с модульным принципом компоновки.

В последнем случае ГАУ комплектуется из отдельных унифицированных производственных единиц - модулей, в которые входят однотипные станки и комплектующие оборудование (УЧПУ, транспортно-загрузочные и накопительные устройства, электро- и гидроприводы).

Системы управления ГАУ - системы Д11С, имеющие одну или две управляющие ЭВМ, станочные УЧПУ и каналы связи. В участках типа АСВ станки оснащены устройствами Н22 - токарные станки и Н33 - сверлильно-фрезерные МС. ЭВМ соединена с каждым станком индивидуальным кабелем по которому осуществляется связь с УЧПУ. Станки могут работать в двух режимах: прямого управления с покадровым вводом управляющей информации от ЭВМ и в автономном с вводом этой информации с перфоленты посредством фотосчитывающего устройства СЧПУ. В сменном задании оператору зада-

ются номера УП. Вызов от ЭВМ требуемой УП выполняет оператор посредством декадных переключателей пульта УЧПУ.

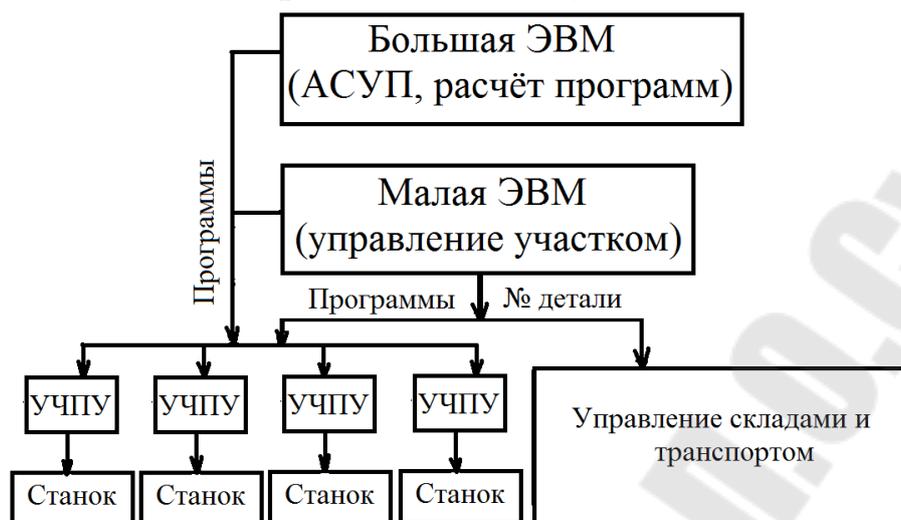


Рисунок 17.8 – Структурная схема управления ГАУ

В участках типа АСК станки оснащены мини ЭВМ (типа CNC), УП передается в УЧПУ не по кадрам, а целиком или в виде законченной части. Мини-ЭВМ выполняет все функции ЧПУ. Операции, редактирования и корректировки УП имеют индикацию технологической информации на экране.

Управляющая ЭВМ функционирует в режиме разделения времени. У ЭВМ появляется резерв времени, который используется для решения других производственных задач.

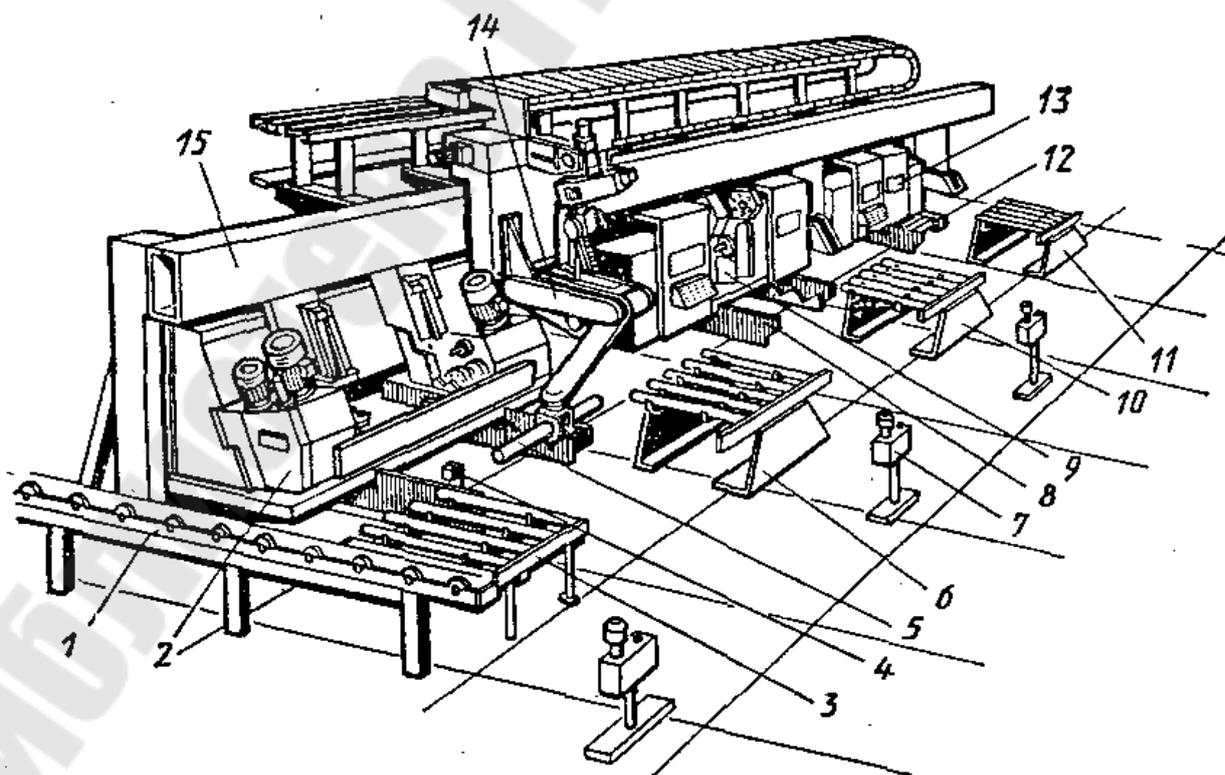


Рисунок 17.9 – ГАУ для обработки валов электродвигателей

Системы централизованного управления организованы по иерархическому признаку: устройства более высоких рангов управляют работой устройств низких рангов.

Первый ранг составляют исполнительные механизмы станка (привода подач, автоматические коробки скоростей, механизмы автоматической смены инструментов, спутников и т.д.).

Второй ранг устройства станочного управления (элементы цикловой автоматики, дешифраторы команд, механизмы управления приводам).

Третий ранг составляют устройства преобразования кодированной УП в декодированный вид (например, УЧПУ, использующие в качестве программносителя перфоленгу).

Устройством четвертого ранга является мини-ЭВМ. Последняя непосредственно управляет работой ГАУ: подключает те или иные станки; выбирает из долговременной памяти массивы УП, выдает их по запросам, управляет поиском, и транспортированием заготовок, инструментов и технологической оснастки. Центральная (большая) ЭВМ - устройство пятого ранга выполняет долгосрочное и оперативное планирование производства, решает вопросы загрузки оборудования, разрабатывает УП и осуществляет их автоматическое транспортирование, конструкторскую и технологическую подготовку производства. Центральная ЭВМ может управлять несколькими ЭВМ четвертого ранга, однако может и не использоваться на участке.

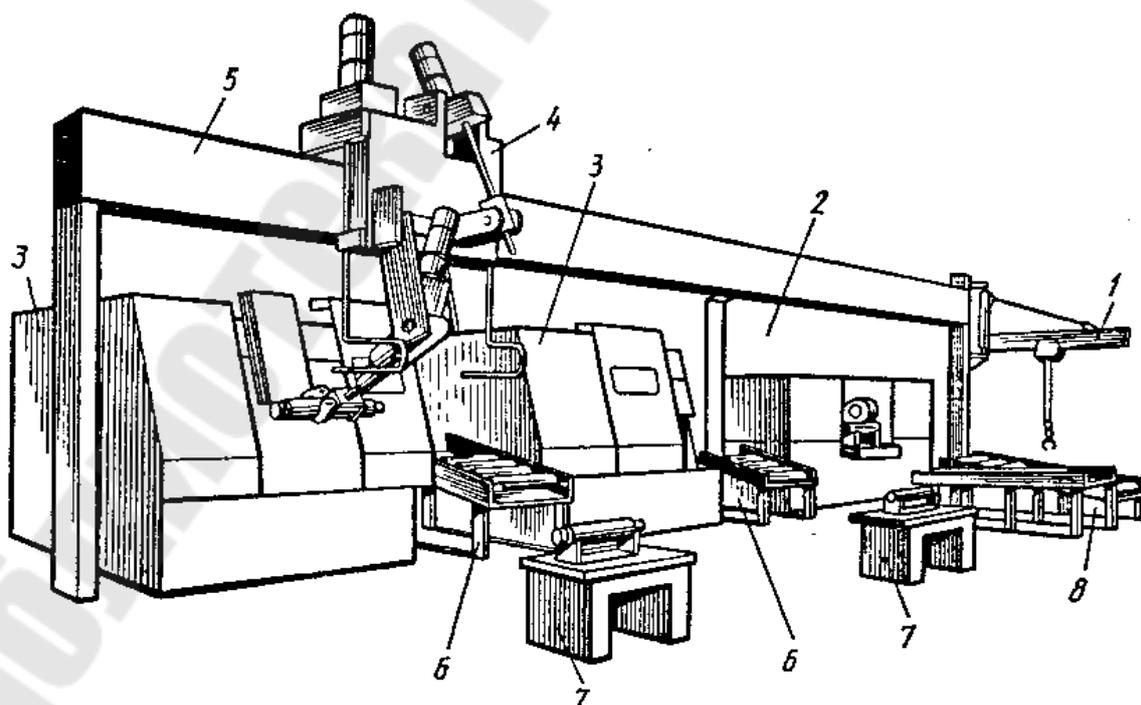


Рисунок 17.10 – ГАУ токарной обработки деталей типа тел вращения

ЛИТЕРАТУРА

1. Схиртладзе, А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств. В 2-х кн. Кн.1 – Москва: «Станкин», 1997. – 311 с. Кн.2. – М.: «Станкин», 1997. – 212 с.
2. Колев, Н.С. Металлорежущие станки. – Москва: Машиностроение, 1980. – 500 с.
3. Чернов, Н.Н. Технологическое оборудование (металлорежущие станки). – Ростов на Дону: Феникс, 2009. – 491 с.
4. Сибикин, М.Ю. Технологическое оборудование (металлорежущие станки). – Москва: Форум, 2012. – 448 с.
5. Металлорежущие станки и автоматы. / Под ред. А.С. Проникова. – Москва: Машиностроение, 1981. - 479 с.
6. Металлорежущие станки (альбом кинематических схем). / Под ред. А.М. Кучера. – Москва: Машиностроение, 1972. – 282 с.
7. Металлорежущие станки. / Под ред. В.Э. Пуша. – Москва: Машиностроение, 1986. – 575 с.