В.М. Пачевский Л.А. Федотова

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Часть 1

КИНЕМАТИКА И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Учебное пособие

Воронеж 2008

ГОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

В.М. Пачевский Л.А. Федотова

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Часть 1

КИНЕМАТИКА И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Издание второе, исправленное и дополненное

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Воронеж 2008

УДК 621.9.06

Пачевский В.М., Металлорежущие станки. Ч.1: Кинематика и исполнительные механизмы: учеб. пособие / В.М. Пачевский, Л.А. Федотова. 2-е изд., испр. и доп. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет, 2008. 202 с.

Учебное пособие соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 151000 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств», специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы», дисциплин «Металлорежущие станки» и «Расчет и конструирование станков».

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения и рекомендуется при изучении дисциплин и выполнении курсовых и дипломных проектов.

Учебное пособие подготовлено в электронном виде в текстовом редакторе MS WORD и содержится в файле 02.(УП)МРС.КИМ.Ч1(08).

Ил. 84. Библиогр.: 19 назв.

Научный редактор д-р техн. наук, проф. А. Н. Осинцев
Рецензенты: кафедра естественных дисциплин Воронежской государственной технологической академии (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.С. Борсяков);
д-р техн. наук, проф. Ю.С.Ткаченко

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© Пачевский В. М., Федотова Л.А, 2008
© ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Развитие станкостроения определяет уровень всего машиностроительного производства, так как металлорежущие станки при их высокой производительности, точности и универсальности являются основным видом технологического оборудования для размерной обработки деталей.

Основные положения, характеризующие технический уровень станочного парка машиностроительных производств, включают изучение потребительских свойств металлорежущих станков, их технических характеристик и областей использования, особенностей кинематики и конструктивного исполнения, возможностей автоматизации, обеспечиваемой различными системами управления. Все это необходимо для осуществления творческой инженерной деятельности будущих специалистов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств».

Учебное пособие состоит из двух частей. В первой части изложены общие сведения по технико-экономическим показателям и критериям работоспособности (потребительским свойствам) станков, об управлении и системах управления станками и станочными комплексами. Разработаны вопросы формообразования обрабатываемых поверхностей и кинематических связей для получения формообразующих движений в станках. Подробно изложены материалы по компоновке и кинематическим структурам различных универсальных металлорежущих станков с ручным управлением, используемых в основном и инструментальном производствах.

Особое внимание уделено изучению конструкций исполнительных органов главного движения и движения подач с проработкой вопросов базирования и связей наиболее ответственных деталей и узлов на примерах конкретных конструктивных решений различных моделей токарных, сверлильных, шлифовальных и фрезерных станков.

Для лучшего усвоения изложенного в учебном пособии материала студентам необходимо вспомнить основные поня-

тия, полученные при изучении дисциплин «Детали машин и основы конструирования», «Теория механизмов и машин», такие как механизмы и их структура; кинематические пары: зубчатые, червячные, винтовые и др.; валы, оси, их опоры и правила установки опор различных конструкций; виды соединений и др. Необходимо также освежить в памяти знания, полученные при изучении дисциплин « Автоматизированный электропривод», «Гидравлика», «Метрология, стандартизация и сертификация».

Изучение универсальных металлорежущих станков с ручным управлением дает возможность освоить принципы построения механических кинематических связей и способы упрощения (укорачивания) кинематических цепей за счет усложнения электропривода.

Учебное пособие рекомендовано при изучении теоретической части дисциплин, выполнении практических, лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов, требующих познаний в области металлорежущих станков.

1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАНКОВ

Развитие станкостроения определяет уровень развития всего машиностроения. Современному машиностроению присущи постоянное усложнение конструкции и увеличение номенклатуры выпускаемых изделий, частая смена объектов производства, сокращение сроков освоения новой продукции. Иначе говоря, станочный парк машиностроительных заводов должен обеспечить эффективное многономенклатурное и разносерийное производство изделий машиностроения, это условие предъявляет повышенные требования к качеству и совершенству конструкции станков, которые в комплексе определяются потребительскими свойствами.

Потребительские свойства станка определяют эффективность его использования, качество и конкурентоспособность. К ним относятся: производительность, технологические возможности, точность, переналаживаемость, безотказность и долговечность, обслуживаемость и ремонтопригодность, экологическая безопасность, технико-экономическая эффективность.

Производительность – важнейший показатель станка, характеризующий возможность обработки за определенный календарный период заданную номенклатуру и количество закрепленных за станком деталей в соответствии с плановым заданием.

Календарный фонд времени эксплуатации станка рассчитывается по формуле

$$T = t_{\text{см}} sK \geq \sum_{i=1}^{m} q_i \left(t_{\text{м}\,i} + t_{\text{в}i}\right) + T_{\text{с}} + T_{\text{р}} + T_{\text{п}} + \sum_{i=1}^{m} T_{\text{н}i}\,, \qquad (1.1)$$

где $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, мин;

s – число рабочих смен в сутки;

K – число рабочих дней в планируемом интервале;

m – количество наименований различных деталей;

q_i – размер партии деталей *i*-того наименования;

$t_{мi}$ – машинное время обработки одной *i*-той детали, мин;

$t_{вi}$ – вспомогательное время обработки одной *i*-той детали, мин;

$T_с$ – время регламентированных сервисных работ, мин;

$T_р$ – время, затраченное на ремонт станка, мин;

$T_п$ – время простоев по организационным причинам, мин;

$T_{нi}$ – время наладки на обработку деталей *i*-того наименования, мин.

Реальная производительность $Q_р = \sum_{i=1}^{m} q_i$ характеризуется комплектом деталей, которые обрабатываются на станке за планируемый календарный фонд времени при условии, что

$$\frac{T - \left(T_с + T_р + T_п\right)}{\sum_{i=1}^{m}\left[q_i(t_{мi} + t_{вi}) + T_{нi}\right]} \geq 1. \qquad (1.2)$$

Техническая (расчетная) производительность станка определяется по формуле

$$Q_т = \frac{T}{\sum_{i=1}^{m} q_i(t_{мi} + t_{вi}) + T_с + T_р + T_п + \sum_{i=1}^{m} T_{нi}}. \qquad (1.3)$$

При сопоставлении производительностей нового станка и станка базовой конструкции определяется коэффициент роста производительности:

$$p = \frac{\gamma + \alpha_0 - \delta T}{\beta + \alpha - \delta_0 T}, \qquad (1.4)$$

где $\gamma = \frac{k_и}{k_{и0}}$ – коэффициент, учитывающий повышение коэффициента технического использования нового станка $k_и$ отно-

сительно коэффициента технического использования станка базовой конструкции $k_{и0}$;

$\alpha = \frac{t_в}{t_м}$ – коэффициент снижения вспомогательного времени нового станка;

α_0 – коэффициент снижения вспомогательного времени станка базовой конструкции;

$\delta = \frac{T_н}{Tk_и}$ – коэффициент, учитывающий сокращение времени переналадки нового станка;

$\beta = \frac{t_м}{t_{м0}}$ – коэффициент, учитывающий снижение машинного времени нового станка относительно машинного времени базовой модели станка.

Как видно из формулы, повышению производительности станка способствует сокращение машинного и вспомогательного времени, а также их соотношения в сторону увеличения доли машинного времени при обработке детали. Эксплуатация нового станка должна принести сокращение времени наладки, потерь на обслуживание и ремонт.

Повысить производительность как старых, так и новых станков можно, совершенствуя организацию производства, снижая потери на обслуживание, ремонт, простои из-за недостатков в планировании.

Технологические возможности – это возможный диапазон обрабатываемых деталей по их размерам, форме, видам поверхностей, типам материалов и полноте приближения полученного продукта к готовой детали при условии наиболее полного использования технических характеристик станка по мощности, габаритам и др.

Наиболее значимыми показателями технологических возможностей станка являются:

- мощность привода и диапазон рабочих скоростей, определяющий возможную номенклатуру обрабатываемых матери-

алов и максимальное сечение стружки, снимаемой за один проход;

- число рабочих движений исполнительных механизмов станка, позволяющих осуществить различные виды технологических операций;

- набор приспособлений для закрепления различных типов заготовок;

- набор инструментов и их режущие свойства, которые можно эффективно использовать на станке;

- достигаемая точность обработки;

- возможность полной обработки заготовки за один установ с получением готовой или почти готовой детали с максимальным приближением к окончательным размерам.

Эксплуатация станка с широкими технологическими возможностями сокращает общий цикл обработки и объем незавершенного производства, упрощает оперативное планирование.

Конструкторские приемы расширения технологических возможностей предусматривают использование шпинделей и несущих систем жестких конструкций, позволяющих выполнять черновые операции с большим сечением снимаемой стружки и точные операции окончательной обработки за один установ детали. Кроме того, значительно расширяет технологические возможности станка число рабочих шпинделей с приданием каждому из них своего специфического назначения по диапазону скоростей, применяемому инструменту и т. п., а также использование инструментальных магазинов с системой автоматической смены инструментов или многопозиционных револьверных головок. Значительный эффект оказывает также использование на станке накопителей заготовок и готовых деталей.

«Узкие» технологические возможности станков являются одной из причин высокого уровня простоев эксплуатируемого оборудования по организационным причинам. В показателе производительности эти свойства станка характеризуются временем простоев по организационным причинам ($T_{\text{п}}$).

Точность обработки является основным оценочным критерием наряду с производительностью. Точность – степень соответствия размеров, формы, расположения и шероховатости поверхностей заданным и нормируется допуском на отклонения от идеального размера, формы или расположения поверхности. Точность обработанных на станке изделий определяется точностью станка. Оценка погрешности изготовления может быть осуществлена:

- на одном образце (детали);

на партии деталей, что характеризует работу в течение смены;

- на массиве деталей в течение заданного срока эксплуатации станка, что характеризует надежность его конструкции.

В понятие точности станка включаются не только геометрические и статические оценки, но и погрешности, связанные с динамическими и термическими воздействиями, возникающими в процессе функционирования механизмов и самого процесса резания. Это обстоятельство приводит к противоречию между ростом производительности, заставляющим форсировать процессы, и точностью обработки, требующей меньших усилий и меньшего тепловыделения. Противоречия разрешают, в известной степени, выделением черновых и чистовых операций, использованием интенсивного принудительного охлаждения зоны резания и конструкций исполнительных механизмов станка (например, воздушным или жидкостным охлаждением шпинделя).

Точность обработки зависит от поведения всей технологической системы станок – приспособление – инструмент – деталь. Погрешности взаимного расположения узлов станка определяются по нормам геометрической точности станка, в которых приводятся допустимые отклонения, способы проверки, измерительные средства и условия испытания.

Кинематическая точность необходима для станков, в которых сложные движения требуют согласования скоростей различных исполнительных органов. Ошибки в согласованности перемещений нарушают правильность заданной траектории

движения инструмента относительно заготовки и искажают тем самым форму обрабатываемой поверхности. Особое значение кинематическая точность имеет для зубообрабатывающих, резьбонарезных и других станков для сложной контурной обработки.

Переналаживаемость и гибкость станка – совокупность всех операций, связанных со сменой:

- приспособлений, режущих инструментов, взаимного расположения узлов;
- цикла функционирования, управляющих программ или устройств;
- встроенных контролирующих средств и других элементов станка для возможности обработки на нем деталей другого вида, отличающихся формой, размерами или иными параметрами от деталей, обрабатываемых ранее.

Пригодность станка к переналадке характеризуется затратами времени наладки на обработку деталей *i*-того наименования $T_{нi}$, входящего в формулу производительности, материальными и информационными ресурсами, входящими в издержки производства.

С показателем переналаживаемости связан размер партии деталей одного наименования, который экономически целесообразно изготовлять на данном станке. Он близок понятию гибкости оборудования к изменению производственной программы.

Для переналадки требуется настройка станка на другие размеры и применение других инструментов; может потребоваться изготовление копиров, кулачков или шаблонов, если их используют для управления движениями рабочих органов станка, или подготовка управляющих программ при числовых системах управления. Связанные с этим затраты входят в издержки на переналадку, но время переналадки при правильной организации эксплуатации станка должно включать лишь время его простоя на выполнение операций переналадки, которые не могут выполняться на работающем станке и не могут быть

совмещены по времени с обработкой предыдущей партии деталей. Время всех подготовленных к переналадке станка работ не должно превышать среднего времени обработки партии деталей при неповторяющейся продукции. Время переналадки может быть сокращено:

- применением предварительной настройки инструмента вне станка;

- использованием приспособлений для крепления заготовок с базами нулевого отсчета относительно измерительных систем станка;

- адаптивным управлением, позволяющим исключить необходимость учета отклонений свойств заготовок;

- включением в конструкцию станка измерительных щупов, обеспечивающих контроль правильности расположения приспособлений и режущих кромок ответственных инструментов.

Гибкость – это способ производственной системы адаптироваться к изменению условий функционирования с минимальными затратами без потерь производительности или с минимальными потерями. Она характерна для автоматизированного производства на базе гибких производственных модулей, гибких производственных систем, гибких автоматических линий и гибких автоматизированных заводов.

Отличие понятий гибкости и переналаживаемости заключается в том, что обычно на стадии проектирования станка или станочной системы известна номенклатура обрабатываемых деталей со всеми их характеристиками. А в случае создания гибкого оборудования на стадии проектирования станка известны только его общая техническая характеристика, предельные размеры зоны обработки и технологические возможности, а конкретная номенклатура деталей, применяемые заготовки и требования к ним формируются в процессе эксплуатации оборудования. Сдача гибкого оборудования в эксплуатацию осуществляется по конкретной номенклатуре обрабатываемых деталей.

Безотказность и долговечность – два аспекта общей характеристики надежности оборудования, в которые дополнительно входят показатели ремонтопригодности и сохраняемости. Долговечность характеризуется ресурсом или сроком работы станка до планового срока его капитального ремонта с целью восстановления работоспособности и точности. Безотказность характеризуется временем работы станка до возникновения отказа – мелкого дефекта, нарушающего нормальную эксплуатацию машины и требующего для своего устранения не более 20 мин.

Математическая теория надежности рассматривает отказы как случайный процесс, подчиняющийся законам статистического распределения. Поскольку в реальных машинах отказы происходят сравнительно редко, а их причины достаточно изучены, то на практике опираются на правдоподобное поведение машины, когда гарантируется ее суммарная безотказная работа в течение 21 ч в сутки и 120 ч в неделю при выполнении предписанных руководством к станку регламентных работ по ее обслуживанию, диагностике и профилактике. Необходимо стремиться к максимальному упрощению регламентных работ и сокращению затрат времени и ресурсов на их выполнение. В станках с микроэлектронным управлением предусматривается система автоматических диагностических процедур, облегчающая поиск неисправностей или подсказывающая вид неотложных профилактических процедур.

При оценке безотказности станка не учитывается стабильность протекания технологического процесса и, в частности, отказы по инструменту. Влияние этих факторов связано с организацией эксплуатации станка. В общем виде надежность станка характеризуется коэффициентом технического использования $k_и$, определяющего ту долю общего времени, когда станок работоспособен.

Время на обслуживание и ремонтопригодность – время, затрачиваемое на регламентные работы в течение смены, суток или недели $T_с$. В формуле производительности оно учитывается как слагаемое.

Профилактические регламентные работы поддержания станка в работоспособном состоянии основываются на выполнении перечня обязательных процедур регламента, а также могут базироваться на показаниях диагностической подсистемы, входящей в перечень (меню) функций системы управления станка. Объем регламентных работ в сутки, неделю или месяц и стоимость используемых при этом ресурсов характеризуют обслуживаемость машины.

Техническое обслуживание – процедуры, связанные с выполнением регламентных работ, обычно включают в себя удаление отходов, промывку фильтров, смену рабочих жидкостей, регулировку отдельных механизмов, предписанные руководством станка диагностические процедуры и выполнение работ по устранению выявленных отклонений или замене элементов с исчерпанным ресурсом работы. Конструкция станка более совершенна, если время на его обслуживание, расход ресурсов и средств минимально.

Надежность машины характеризуется также ее ремонтопригодностью, т. е. затратами времени и ресурсов на выполнение плановых и неплановых ремонтов – слагаемое $T_{\text{р}}$ в формуле производительности станка.

Особо важно свести к минимуму внеплановые работы с помощью системы регламентного обслуживания. Существенны не только затраты на собственно ремонт станка, но, главное, затраты, вызванные потерей времени из-за простоя при производстве продукции, ущерб производства от нарушения выполнения планового задания, удлинение срока выполнения заказа, рост незавершенного производства. Простои в ремонте особенно нежелательны для оборудования, не имеющего дублирования на производственном участке. Плановые ремонты предусматриваются системой ремонта оборудования, применяемой на предприятии.

Простои при ремонтах могут быть сокращены повышением долговечности определяющих элементов, доступности для замены элементов с малым сроком службы при одновременной замене всех подобных элементов; построением конструкции на

основе самодействующих агрегатных узлов, широким использованием упрочняющих технологий и износостойких покрытий на недолговечных элементах.

Безопасность труда обслуживающего персонала является безусловным требованием к конструкции станка.

Она обеспечивается ограждением рабочей зоны, причем наиболее эффективна кабинетная защита, полностью исключающая возможность присутствия оператора в опасной зоне. Средствами защиты являются также блокировки, выключающие станок при попытке оператора проникнуть в опасные зоны с движущимися узлами, устройствами, находящимися под опасным для жизни электрическим напряжением. Системы блокировки используются на рабочих местах, где возможна совместная работа оператора и промышленного робота.

Станок должен иметь системы для удаления из рабочей зоны мелкой стружки, пыли, аэрозолей. В этом случае эффективны отсасывающие устройства, приемные патрубки которых расположены непосредственно в зоне обработки. Опасные зоны выделяют окраской, резко контрастирующей с окраской неподвижных частей, и предупредительными надписями. Нормативы безопасности регламентируются стандартами по технике безопасности и общими техническими условиями.

Нормируется также допустимый уровень шума на рабочем месте оператора в соответствии с санитарными нормами и допустимый уровень вибраций станка на холостом ходу. Детали станков, вращающиеся с частотой свыше 2000 мин$^{-1}$, подлежат динамической балансировке.

Взаимодействия оператора и машины должны учитываться эргономическими показателями. Это удобство обзора рабочей зоны, удобство расположения органов управления, ограничение физических нагрузок при управлении станком, хорошее освещение рабочей зоны, наглядность и четкость измерительных шкал.

Распространение микроэлектронного управления выдвигает требования к удобству языка или форме общения операто-

ра с системой управления, наличию системы диалога и вспомогательных меню, обеспечивающих доступность, простоту и наглядность общения. Язык общения должен быть максимально приближен к языку общения операторов.

При автоматизации рабочего места необходимо учесть моральный фактор – обеспечение оператору творческого участия в управлении быстро протекающим производственным процессом, а также реализацию его квалификации. В то же время общение оператор – машина не должно приводить к длительным простоям высокопроизводительного станка, учитываемым в формуле производительности как элемент общих простоев по организационным причинам $T_п$.

Большинство металлорежущих станков являются биологически чистыми машинами. Исключение составляют токарные автоматы с интенсивным охлаждением, аэрозоли которого подлежат улавливанию отсосами вентиляционной системы или индивидуальных агрегатов, выпускаемых на базе промышленных пылесосов. На станках с абразивным инструментом в системах фильтрации охлаждающих жидкостей собирается шлам, подлежащий сбору и захоронению. Пары СОЖ и абразивная пыль должны улавливаться и собираться.

Менее экологически безопасны электроэрозионные и электрохимические станки. Последние по экологическим последствиям близки к установкам гальванического производства и должны иметь сходные очистные сооружения. В электроэрозионных станках подлежат улавливанию и обезвреживанию газы, образующиеся в рабочей зоне, а также желеобразные отходы и шламы, образующиеся в фильтрующих устройствах и баках систем перекачки рабочих жидкостей. Методы утилизации этих отходов пока отсутствуют, поэтому они подлежат сбору и захоронению. Использование в эрозионных станках вместо керосина менее опасных рабочих жидкостей и дистиллированной воды существенно улучшает их экологические показатели. Небольшие отходы накапливаются в фильтрах гидравлических и пневматических систем станков при длительной эксплуатации.

При обработке на станках специфических материалов, обладающих токсическими свойствами, необходимы соответствующие меры защиты персонала и сбора отходов. Это же относится, в известной мере, и к лазерным станкам, где отходы производства имеют газообразную форму и подлежат улавливанию.

Технико-экономическая эффективность

В условиях хозяйственного расчета и рыночных отношений основным показателем экономичности производства становится прибыль, определяемая из баланса стоимости произведенного продукта и издержек на его изготовление.

Прибыль за выбранный срок рассчитывается по формуле

$$\Delta = \sum_{i=1}^{m} q_i c_i - \frac{R}{t}\left(1 + \mu + \eta + \varphi + \lambda\right), \qquad (1.5)$$

при условии соблюдения ограничения

$$T - \left(T_{\text{с}} - T_{\text{р}} - T_{\text{п}} + \sum_{i=1}^{m} T_{\text{н}}\right) \geq \sum_{i=1}^{m} q_i \left(t_{\text{м}i} + t_{\text{в}i}\right),$$

где c_i – стоимость детали i-того наименования;

R – стоимость примененного оборудования;

t – полный срок амортизации оборудования;

μ – стоимость основных и вспомогательных материалов и инструмента, потребленных за этот период, отнесенная к R/t;

η – стоимость потребленной энергии, отнесенной к R/t;

φ – заработная плата производственного персонала, отнесенная к R/t;

λ – стоимость всех видов производственной информации (конструкторской, технологической, плановой, финансовой, управляющих программ и т. п.), отнесенная к R/t.

При компьютеризации управления производством можно представить, что $\sum_{i=1}^{m} q_i c_i \leq Q_{\text{р}} c$, где c – средневзвешенная стоимость продукта.

Прибыль образуется как разность между стоимостью продукции и издержками на ее производство, выраженные через относительные составляющие к стоимости использованного станка. Чем сложнее и дороже производимая продукция, тем более квалифицированное и более дорогое оборудование можно экономически рентабельно использовать при принятом уровне организации производства.

В условиях массового производства при $m = 1$, прибыль рассчитывается по формуле 1.5, которая приобретает вид

$$\Delta = Q_{\text{р}} c - \frac{R}{t}\left(\mathbf{1} + \mu + \eta + \varphi + \lambda\right). \qquad (1.6)$$

Эффект эксплуатации машины зависит не только от производительности машины, которая определяется ее конструкцией и качеством изготовления, но и от технико-экономических условий эксплуатации станка и характера выпускаемой продукции. Чрезмерно высокая стоимость станка R ограничивает экономически рациональную область его применения в разных видах производств и может препятствовать сбыту.

2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ И СТАНОЧНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Под управлением станками и станочными комплексами принято понимать совокупность воздействий на их механизмы, обеспечивающих выполнение ими технологического цикла обработки, а под системой управления (СУ) – устройство или совокупность устройств, реализующих эти воздействия.

Применительно к отдельным станкам различают два вида управления – ручное и автоматическое.

Ручное управление основывается на том, что решения об исполнении тех или иных элементов рабочего цик-

ла принимает человек – оператор станка, который на основании этих решений включает и выключает соответствующие механизмы станка и задает параметры их работы.

При ручном управлении используют различные устройства – механические, гидравлические, пневматические, электрические, электронные и комбинированные. Операции ручного управления осуществляются как в неавтоматических универсальных и специализированных станках различного назначения, так и в автоматических станках (в последнем случае для реализации наладочных режимов и специальных элементов рабочего цикла). В современных станках ручное управление часто сочетается с цифровой индикацией информации, поступающей от датчиков положения исполнительных органов.

Автоматическое управление заключается в том, что решения об исполнении элементов рабочего цикла принимает СУ без участия оператора. Она же выдает команды на включение и выключение механизмов станка и управляет их работой.

По функциональному назначению автоматическое управление можно разделить следующим образом.

1. Управление неизменяемыми повторяющимися циклами обработки. Примером этого служит управление агрегатными станками, выполняющими фрезерные, сверлильные, расточные и резьбонарезные операции путем осуществления циклов движений многошпиндельных силовых головок.

2. Управление изменяемыми автоматическими циклами (цикловое программное управление), которые задают в виде индивидуальных для каждого цикла материальных моделей-аналогов (копиров, наборов кулачков, системы упоров и т. д.). Примерами являются СУ копировальных токарных и фрезерных станков, многошпиндельных токарных автоматов и др.

3. Числовое программное управление (ЧПУ), при котором программу задают в виде записанной на том или ином носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной, и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление

технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров (Programmable Logic Controller - PLC), реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.

СУ на основе использования моделей-аналогов могут быть:

- *прямого действия незамкнутого типа*. В них моделью-аналогом перемещения исполнительного механизма станка является профиль копира, например силового кулачка, перемещающего этот орган посредством кинематической цепи. Примером служат СУ вертикальных многошпиндельных токарных автоматов с заданием программы от кулачков барабанного типа.

- *копировальными замкнутого типа.* Для них характерно наличие двух потоков информации и промежуточной следящей системы (между копиром и исполнительным органом), обычно гидравлического типа. Прямой поток информации от копира поступает в следящую систему, где сравнивается с обратным потоком, поступающим по контуру обратной связи от датчиков станка и характеризующим фактическое положение исполнительного органа. Следящая система обеспечивает минимальное рассогласование между заданным от копира и фактическим положением исполнительного органа. Примером являются СУ широко распространенных токарных гидрокопировальных автоматов для обработки фасонных валиков, где модель-аналог, задающая программу, имеет вид плоского копира, соответствующего осевому сечению изготавливаемой детали (в ряде случаев – в определенном масштабе).

Системы ЧПУ приобрели превалирующее значение и практически вытесняют другие типы систем.

По *технологическому назначению и функциональным возможностям* системы ЧПУ делятся на следующие три группы:

– *позиционные,* в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими тех или иных элементов рабочего цикла;

– *контурные,* или непрерывные, которые управляют движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;

– *универсальные (комбинированные)*, в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движений исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок.

Примером применения систем ЧПУ первой группы являются сверлильные, расточные, координатно-сверлильные и координатно-расточные станки. Примером второй группы служат системы ЧПУ различных токарных, фрезерных и шлифовальных станков. К третьей группе относятся системы ЧПУ различных многоцелевых токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков, известные также как «обрабатывающие центры». К этой же группе можно отнести системы ЧПУ станков, находящих в последнее время достаточно широкое применение и получивших название «блок- или агрегат-центры». На таких станках по программе осуществляется не только смена отдельных инструментов и инструментальных комплектов, но и поиск, и смена сверлильно-расточно-резьбонарезных шпиндельных головок из магазина. Подобные станки сочетают производительность агрегатных с гибкостью станков с ЧПУ.

По способу подготовки и ввода управляющей программы (УП) системы ЧПУ делятся на оперативные системы (в этом случае УП готовится и редактируется непосредственно на станке в процессе обработки первой детали из партии или в процессе имитации обработки); системы, для которых УП готовится независимо от обработки детали. Причем независимая подготовка УП может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав системы ЧПУ данного станка, либо вне системы.

Компьютерные системы ЧПУ. Системы ЧПУ и ЦПУ станками характеризуются большим количеством и разнообразием реализуемых функций. Эти функции могут выполняться как с помощью жестко спроектированных схем, так и с помощью программируемых средств вычислительной техники. В компьютерных системах числового управления станками (Computer Numerical Control - CNC) различные функции реализуются схемным, программным, микропрограммным, микропроцессорным и комбинированным способами. Определяющим является то обстоятельство, что при микропрограммном способе скорость выполнения алгоритмов в 10-15 раз выше, чем при программном и в 15-20 раз ниже, чем при схемном. При микропроцессорном способе возможно создание мультипроцессорной структуры с параллельным выполнением операций.

Системы CNC создают возможность использования универсальных по существу вычислительных устройств управления широким классом объектов путем специального программирования. Допустимы любые виды интерполяции – линейная, круговая, параболическая. УП может вводиться в любом коде (ISO 7 bit/ ELA и др.). Подготовка и отладка УП могут выполняться непосредственно у станка в режиме диалога, в том числе с использованием графических средств. Подготовленная УП может сохраняться в памяти системы и считываться из нее в процессе обработки. Возможны автоматическая программная коррекция на размеры инструмента, выполнение адаптивных функций, коррекция погрешностей кинематических цепей и ограничений по геометрии контура обрабатываемой детали и по скорости подачи, возврат в любую точку процесса обработки и повторение его элементов, работа в различных системах координат (декартовой, полярной и др.), преобразование координатных осей и т.д.

Для системы CNC характерны следующие режимы работы.

Режим ввода информации – ввод УП или исходных данных для них с внешнего носителя вручную либо по каналу связи; синтаксический и грамматический анализ информации; вы-

вод ошибок на устройства индикации; размещение УП в памяти системы.

Автоматический режим – обработка детали по УП; автоматическое регулирование подачи; ускоренная отработка УП; накопление эксплуатационной информации (счет числа деталей, регистрация времени обработки и др.).

Режим вмешательства оператора в процесс автоматического управления – операции технологического останова; пропуск кадров УП и их отработка без выдачи управляющих команд; зеркальное отражение участков траектории и масштабирование раздельно по координатам; коррекция технологических режимов, кодов инструментов и кодов спутников.

Ручной режим управления – настройка станка и ручное управление перемещениями; отладка УП; отработка перемещений инструмента при задании скорости перемещения вручную; набор и отработка кадра УП, его запоминание и хранение; формирование УП из отдельных кадров, визуализация кадров и фраз УП; ввод коррекции различных видов, диагностирование механизмов станка, инструмента, системы CNC и др.

Режим редактирования – поиск нужного кадра УП и вывод его на устройство индикации; коррекция кадров, их замена; вставка, удаление и коррекция эквидистанты.

Режим вывода информации – УП выводится на внешние устройства: перфоратор, печатающее устройство, компакт-кассету, во внешнюю память, а также на ЭВМ высшего ранга или в локальную вычислительную сеть.

Режим вычислений – расчет требуемых величин по формулам (например, параметров режима резания и геометрических преобразований); формирование УП на основе входной информации, представленной в сжатом виде; нормирование геометрических моделей обрабатываемых деталей и др.

Дисплейный режим – выделение и визуализация информации; ведение диалога; декодирование сообщений (преобразование информации, представленной в машинном виде, в открытый текст); использование меню; формирование двух- и

трехмерных графических объектов и управление их перемещением в пространстве и др.

Режим диагностирования – автоматическое формирование аварийных и диагностических предупреждений.

Для современных систем CNC характерно использование микропроцессорных устройств в качестве базовых средств вычислительной техники. При этом возможны различные варианты структурных решений.

3. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Виды движений исполнительных механизмов металлорежущих станков

Обработка на металлорежущих станках основана на относительном перемещении заготовки и режущего инструмента. Траектория перемещения зависит от формы обрабатываемой поверхности и формы режущей кромки инструмента, а скорость определяется выбором рационального режима резания. Профиль режущей кромки инструмента задается конструкцией и траекторией движения, которую обеспечивают механизмы станка. Режущая кромка может представлять собой короткий отрезок линии (условно можно считать точкой) или повторять собой профиль сечения обрабатываемой детали. Очевидно, что в первом случае поверхность детали сложной формы может быть получена при сложном относительном движении заготовки и инструмента.

Любая деталь представляет собой сочетание нескольких или множества взаимосвязанных поверхностей.

С геометрической точки зрения любую поверхность можно представить как след относительного перемещения двух линий, которые называются *производящими.* При этом одна из них образующая, а другая – направляющая. Так, плоская поверхность образуется относительным перемещением двух пря-

мых линий, расположенных в одной плоскости. Цилиндрическая поверхность образуется относительным перемещением окружности по прямой или прямой по окружности, сферическая поверхность – вращением окружности т.д.

На металлорежущих станках производящие линии образуются материальными точками и линиями режущих кромок инструмента при относительном непрерывном согласованном движении заготовки и инструмента. Согласованные относительные движения заготовки и режущего инструмента, которые непрерывно создают с помощью производящих линий поверхности деталей заданной формы, называют формообразующими. В зависимости от конструкции инструмента, используемого для ее образования, движения формообразования могут быть простыми и сложными.

На станках сложные относительные движения заготовки и инструмента состоят из простых элементарных, поступательных или вращательных, траектории которых обеспечиваются прямолинейными или круговыми направляющими станка.

Теоретически относительное движение с любой траекторией может быть составлено из шести элементарных движений: трех поступательных вдоль ортогональных осей координат и трех вращательных относительно тех же осей. Практически в металлорежущих станках для формообразования одной поверхности число элементарных простых формообразующих движений редко бывает более трех.

Обработка резанием поверхности детали может производиться следующим составом движений:

1) одним поступательным, например, на операции протягивания;

2) двумя поступательными, например, при резке ленточными пилами;

3) одним вращательным, например, при протягивании круговых сегментов;

4) одним вращательным и одним поступательным при точении резцами, фрезеровании, сверлении и обработке другими концевыми инструментами;

5) двумя вращательными при фрезеровании поверхности вращения;

6) двумя поступательными и одним вращательным при затыловании зубьев червячных фрез;

7) двумя вращательными и одним поступательным при фрезеровании прямых зубьев червячными фрезами или долбяками;

8) тремя вращательными при нарезании дуговых зубьев конических зубчатых колес резцовыми головками;

9) тремя вращательными и одним поступательным при зубошевинговании колес с бочкообразными зубьями;

10) двумя вращательными и двумя поступательными при нарезании зубьев цилиндрических колес червячной фрезой с диагональной подачей.

В каждой из перечисленных схем существуют различия по взаимному направлению, распределению движений между инструментом и заготовкой и соотношению скоростей. Относительный характер формообразования допускает различные варианты распределения элементарных составляющих движения между инструментом и заготовкой при обработке одинаковых поверхностей. Например, при точении или растачивании резцом цилиндрической поверхности формообразование поверхности, состоящее из вращательного и поступательного движений инструмента и заготовки, может выполняться в различном их сочетании:

первый вариант – вращение заготовки и поступательное перемещение инструмента (токарный станок);

второй вариант – вращение инструмента и поступательное перемещение заготовки (алмазно-расточной станок);

третий вариант – вращение и поступательное перемещение заготовки (токарный автомат продольного точения);

четвертый вариант – вращение и поступательное перемещение инструмента (расточный станок с выдвижной пинолью или подвижной шпиндельной бабкой).

По соотношению скоростей формообразующие движения подразделяются на главное (движение резания), которое обо-

значается $Ф_v$ и является наиболее быстрым, и движение подачи, которое обозначается $Ф_s$ и может быть медленнее главного в сотни раз. Характер формообразующих движений также различный: главное движение предпочитают делать вращательным – $Ф_v$(В); движение подачи может быть непрерывным, прерывистым (периодическим) или осциллирующим, вращательным $Ф_s$(В) или поступательным $Ф_s$(П).

Все движения станка обозначаются буквой русского алфавита П или В, в правом нижнем индексе пишут порядковый номер, по которому легко определить число движений.

Кроме формообразующих движений для настройки станка на конкретную операцию и ее осуществление необходимо иметь ряд других перемещений. По целевому назначению все исполнительные движения подразделяются на движения формообразования - Ф, установочные (наладочные) – Уст, врезания – Вр, деления – Д, управления – Упр, вспомогательные – Всп.

Установочными (наладочными) называют перемещения заготовки и инструмента на исходную позицию для осуществления формообразующих движений с целью получения поверхности требуемой формы и размера. Например, перемещение хобота со шпиндельной головкой широкоуниверсального фрезерного станка на исходную позицию обработки.

Дублирующие установочные перемещения, совпадающие по направлению с некоторыми из движений формообразования, применяют для облегчения и повышения точности наладки станка (например, выдвижные шпиндельные гильзы) и для уменьшения деформации рабочих узлов станка за счет распределения общей величины хода между двумя узлами. Установочные перемещения узлов станка осуществляются также для расширения его технологических возможностей применением поворотных шпиндельных головок, поворотных и наклоняемых платформ и столов. Разновидностью установочного движения принято считать движение врезания для постепенного ввода инструмента в зону резания, которое выполняется под нагруз-

кой. По своей структуре врезание может совпадать или не совпадать с движением формообразования.

Делительными называют движения, необходимые для обеспечения равномерного расположения на заготовке одинаковых образуемых поверхностей. Эти движения могут быть периодическими или непрерывными, например при зубообработке.

Вспомогательные движения обеспечивают установку, зажим, разжим, транспортирование, быстрое перемещение заготовки или режущего инструмента в зону резания. Манипуляции, связанные с охлаждением, смазыванием, удалением стружки, правкой инструмента и др., также относятся к вспомогательным движениям.

3.2. Методы формообразования поверхностей деталей

В широкоуниверсальных, многошпиндельных и многопозиционных станках общий состав движений включает значительное число формообразующих, при этом может быть несколько главных. Например, в токарных станках в многопозиционных инструментальных головках используется приводной инструмент.

Некоторое сокращение числа формообразующих и дополнительных движений достигается применением сложного инструмента, копирующего форму обрабатываемой поверхности. В большинстве случаев сложные профильные поверхности обрабатывают при согласовании нескольких простых поступательных и (или) вращательных взаимозависимых движений заготовки и инструмента.

Различают четыре метода образования производящих линий на металлорежущих станках: копирования, следа, касания и обката. При этом обработанная поверхность, образованная взаимным перемещением двух производящих линий, может быть получена одним методом или сочетанием двух различных.

Методом копирования производящая линия получается в виде копии (отпечатка) режущей кромки инструмента. Для ее получения не требуется никакого формообразующего движения. Снятие стружки обеспечивается врезанием.

Методом следа производящая линия образуется в виде следа перемещающейся короткой режущей кромки инструмента относительно заготовки. Для его реализации требуется одно простое или одно сложное формообразующее движение, в зависимости от траектории производящей линии.

Методом касания производящая линия получается как огибающая места касания множества режущих кромок вращающегося инструмента при относительном линейном перемещении его и заготовки. В зависимости от траектории линейного перемещения для получения производящей линии методом касания требуется два простых формообразующих движения или одно простое и одно сложное.

Методом обката производящая линия получается в результате качения режущей кромки инструмента по образуемой ею линии или взаимного обкатывания инструмента и заготовки. Для получения производящей линии методом обката требуется одно сложное формообразующее движение: согласованные вращения инструмента и заготовки.

Любая поверхность, как уже говорилось, образуется перемещением производящих линий относительно друг друга. При этом каждая производящая линия может быть образована разными методами.

На рис. 3.1 показаны варианты образования различных поверхностей. Цилиндрическая поверхность точением резцом (рис. 3.1, *а*) образуется двумя производящими линиями - прямой и окружностью, полученными методом следа при двух формообразующих движениях: Фv($В_1$) и Фs($П_2$). Такую же поверхность при использовании широкого резца (рис. 3.1, *б*) можно получить методом копирования и следа: прямая производящая линия получена как копия формы режущей кромки, окружность – след режущей кромки. Для получения копии не требуется формообразующего движения, для следа на цилин-

дрической поверхности заготовки необходимо вращение $Фv(В_1)$.

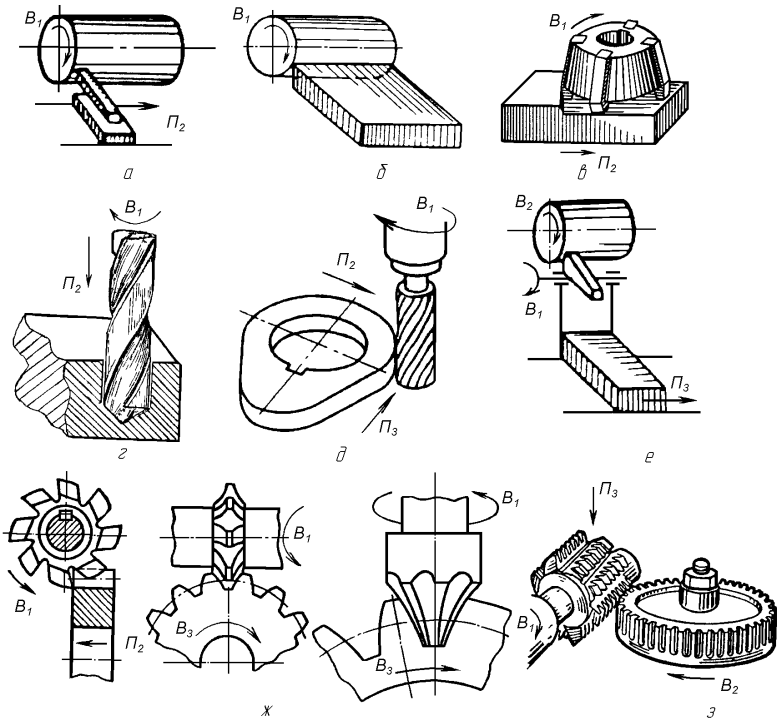


Рис. 3.1. Методы формообразования поверхностей на металлорежущих станках:

а – двойного следа; *б* – копирования и следа; *в*, *г* – двойного следа; *д* – касания и копирования; *е* –касания и следа; *ж* – копирования и касания; *з* –обката и касания

Плоская поверхность при фрезеровании торцовой фрезой (рис. 3.1, *в*) образована двумя производящими линиями, которые также получены методом двойного следа: два формообразующих движения $Ф_v(В_1)$ и $Ф_s(П_2)$.

Цилиндрическое отверстие сверлением (рис. 3.1, *г*) получается в результате перемещения окружности, образованной

как след от режущих кромок на конце вращающегося сверла, вдоль своей оси – метод двойного следа, два формообразующих движения $\Phi_v(В_1)$ и $\Phi_s(П_2)$.

Сложный контур на детали (рис. 3.1, *д*) образован касанием множества режущих кромок концевой фрезы, вращающейся по траектории, огибающей деталь, – метод касания. Вертикальная производящая линия получена как копия вертикальной образующей фрезы – метод копирования. Для получения поверхности требуется два формообразующих движения: главное – простое $\Phi_v(В_1)$, подачи – сложное $\Phi_v(П_2П_3)$.

Обработка цилиндрической поверхности вращающимся инструментом (резцом или фрезой) выполняется с передачей скорости резания на инструмент (рис. 3.1, *е*). Производящая – окружность – получается методом касания. Образующая цилиндра получается методом следа: три простых формообразующих движения $\Phi_v(В_1)$, $\Phi_{s1}(В_2)$ и $\Phi_{s2}(П_3)$.

Фрезерование зубьев колес модульными (дисковыми или концевыми) фрезами (рис. 3.1, *ж*) осуществляется методом копирования и касания: профиль впадины зубьев получается в виде копии режущей кромки фрезы, а формирование боковых поверхностей зуба по длине – касанием. Для выполнения этого вида обработки требуется два формообразующих движения $\Phi_v(В_1)$ и $\Phi_s(П_2)$. Для получения зубчатого венца требуется дополнительное периодическое движение деления $Д(В_3)$.

Фрезерование зубьев колес червячными фрезами (рис. 3.1, *з*) осуществляется методом обката и касания. В отличие от предыдущего метода профиль зуба образуется перекатыванием режущих зубьев фрезы по вращающейся заготовке. Для формирования требуемой геометрии фрезеруемых зубьев вращение фрезы и заготовки должны быть согласованными, а именно, требуется сложное движение резания $\Phi_v(В_1В_2)$. Формирование боковых поверхностей зубьев по длине, как и в предыдущем случае, выполняется методом касания с подачей $\Phi_s(П_3)$ – два движения: одно сложное, другое простое.

3.3. Кинематическая структура станков

Исполнительные движения в станках осуществляются кинематическими группами, представляющими собой совокупность источников движения и исполнительных механизмов (органов), связанных кинематической цепью с органами настройки для обеспечения требуемых параметров движения.

Назначение исполнительных рабочих механизмов – взаимное перемещение заготовки и инструмента по требуемой траектории с заданной скоростью. Исполнительными рабочими механизмами станка являются шпиндель, суппорт, стол, шпиндельная головка и др.

Кинематическая группа с одним исполнительным механизмом называется простой. Кинематическая группа, имеющая два и более исполнительных механизмов, называется сложной.

Кинематическая группа имеет внутреннюю и внешнюю кинематические связи.

Внутренняя кинематическая связь обеспечивает траекторию движения исполнительного механизма. В простой кинематической группе внутренняя связь осуществляется контактом подвижной и направляющей частей конструкций, например, шпинделем и его опорами, салазками суппорта и направляющими станины и т. д.

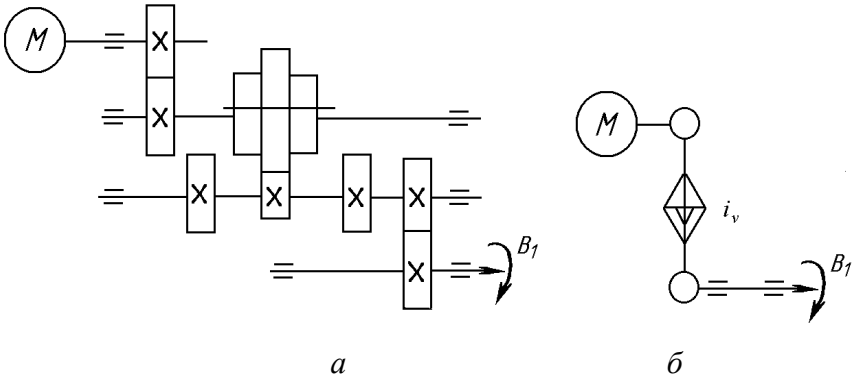
В сложных кинематических группах внутренняя кинематическая связь реализуется кинематической цепью или системой управления, связывающей подвижные исполнительные механизмы группы и обеспечивающей строгую функциональную согласованность их перемещений.

Внешняя кинематическая связь обеспечивает количественную характеристику движения исполнительных механизмов, т. е. скорость, направление, путь и исходную точку. Последние два параметра задаются при наладке станка на выполнение определенной операции и в схемах не указываются.

Схематическое представление кинематической структуры станка позволяет получить в простой и наглядной форме его кинематические связи. Для этого используют условные обозна-

чения: органов настройки на скорость - i_v, на направление вращений - P. Кинематическая цепь обозначается штриховой линией, электрические и электронные цепи управления – двойной штриховой линией.

На рис. 3.2, *а* представлена кинематическая схема простой группы главного движения $\Phi_v(B_1)$ и ее структурное изображение на рис. 3.2, *б*. Изменение направления вращения шпинделя осуществляется реверсивным двигателем. Настройку на скорость выполняют трехступенчатым подвижным блоком коробки скоростей.



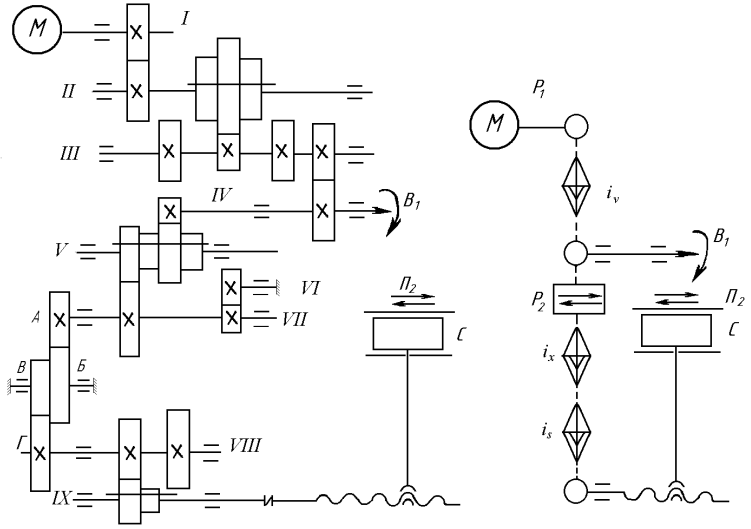
а *б*

Рис. 3.2. Кинематическая цепь главного движения $\Phi_v(B_1)$: *а* – кинематическая схема; *б* – структурная кинематическая схема

Внутренняя кинематическая связь – шпиндель и его опоры. Внешняя кинематическая связь – кинематическая цепь от двигателя М до шпинделя с органом настройки i_v.

Кинематическая и структурная схемы сложной группы с винторезной цепью $\Phi_v(B_1П_2)$ представлены на рис. 3.3. Внешняя кинематическая связь осталась прежней; внутренняя образована кинематической цепью шпиндель IV – суппорт С с органами настройки P_1, i_x и i_s, обеспечивающими согласованность вращения шпинделя и поступательного движения суппорта. Орган настройки i_x – гитара сменных колес А/Б, В/Г. Ор-

ган настройки i_s – двухступенчатый подвижный блок коробки подач. Реверсивный механизм $Р_2$ включается подвижно трехступенчатым блоком, расположенным на валу V.



а *б*

Рис. 3.3. Кинематическая (*а)* и структурная (*б)* схемы сложной группы передачи движений с винторезной цепью

Главной и определяющей частью кинематической структуры любого станка является его формообразующая часть, составляющая общее число и характер групп формообразования, а также их кинематическое соединение. По этому признаку все многообразие кинематических структур металлорежущих станков можно разделить на три класса.

Класс элементарных структур Э, к которому относятся станки, содержащие только простые группы формообразования, например, $Ф_v(В_1)$ и $Ф_s(П_2)$.

Класс сложных структур С, к которому относятся станки с кинематической структурой, содержащей только сложные группы формообразования, например $Ф_v(В_1\ В_2)$ и $Ф_s(В_3П_4)$.

Класс комбинированных структур К, к которому относятся станки с кинематической структурой, содержащей одновременно простые и сложные группы формообразования, например $\Phi_v(В_1)$ и $\Phi_s(В_2П_3)$.

В каждом станке имеется определенное число кинематических групп и количество простых поступательных и (или) вращательных движений. Обозначение кинематической структуры станка содержит: букву – класс кинематической структуры и две цифры, первая из которых - число формообразующих групп, а вторая – суммарное число простых движений, составляющих все формообразующие движения станка. Например, запись К24 означает: К – станок имеет комбинированную структуру, 2 – две формообразующие группы, 4 – четыре простых движения; С12 – станок имеет одну сложную группу формообразования с двумя простыми движениям и т. д.

Наиболее сложные кинематические структуры имеют резьбо- и зубообрабатывающие станки. На рис. 3.4 показаны схемы нарезания зубьев на зубофрезерных станках.

На основе анализа состава представленных на схемах формообразующих движений, необходимых для нарезания зубьев червячной фрезой, составлена наиболее сложная кинематическая структура, определяющая универсальность кинематики станка (рис. 3.5). Путем исключения из структуры отдельных кинематических связей и движений можно получить более простые производные структуры.

Формообразование зубьев червячной фрезой методом обката осуществляется сложной группой главного движения с внутренней связью, представленной: шпинделем с фрезой – кинематической цепью 3 – 2 – 4 – суммирующим механизмом (СМ) – кинематической цепью: 5 – орган настройки i_x – вал поворотного стола с заготовкой. Внешняя связь группы состоит из источника движения М, кинематической цепи 1 – 2 с органом настройки i_v.

Группа подачи при нарезании косозубых колес также сложная: внутренняя связь состоит из кинематической цепи, связывающей вал стола заготовки и ходовую винтовую пару. В

состав этой кинематической цепи входят: вал стола заготовки – орган настройки i_x – СМ – орган настройки i_y – ходовой винт t – гайка ходового винта, связанная с суппортом инструмента.

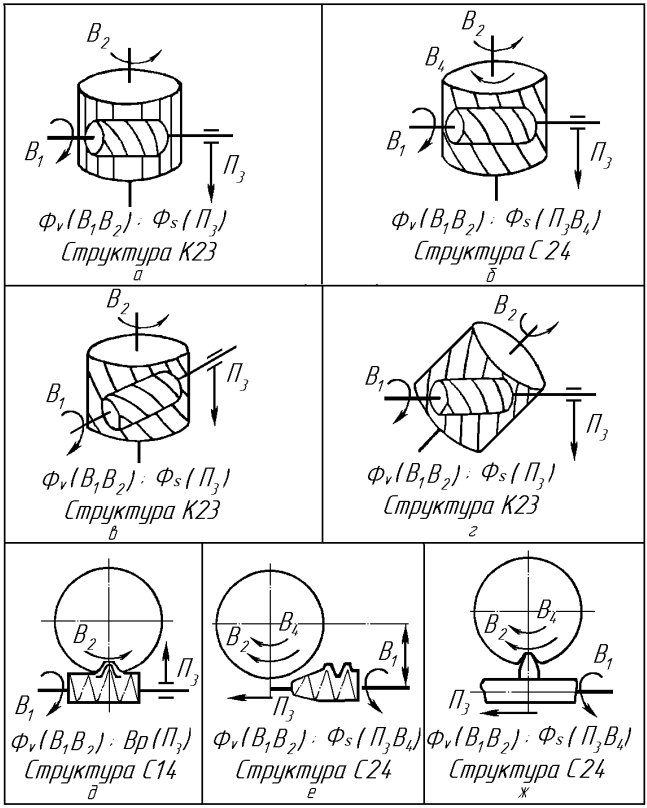


Рис. 3.4. Схемы обработки резанием на зуборезных станках при нарезании зубьев:

а– прямозубых колес; *б* – косозубых колес; *в* – косозубых колес с поворотом суппорта фрезы; *г* – косозубых колес с поворотом заготовки*; д, е, ж* – червячных колес методом реальной, осевой подачи и летучим резцом

Более простая производная структура этого станка может быть использована при нарезании прямозубых колес. В этом случае группа подач простая с внутренней связью: вал заготов-

ки – орган настройки i_s – ходовой винт – гайка – суппорт инструмента.

Конструктивное исполнение механизмов, осуществляющих формообразующие движения, во многом зависит от кинематической структуры станка и системы управления. Ручное управление станком определяет наличие длинных механических кинематических цепей, утяжеленных многочисленными рычагами, муфтами и другими устройствами переключения передач. Механизмы подач некоторых станков с ручным управлением имеют сложную конструкцию ходовых винтов, обусловленную наличием приводных и реверсивных устройств.

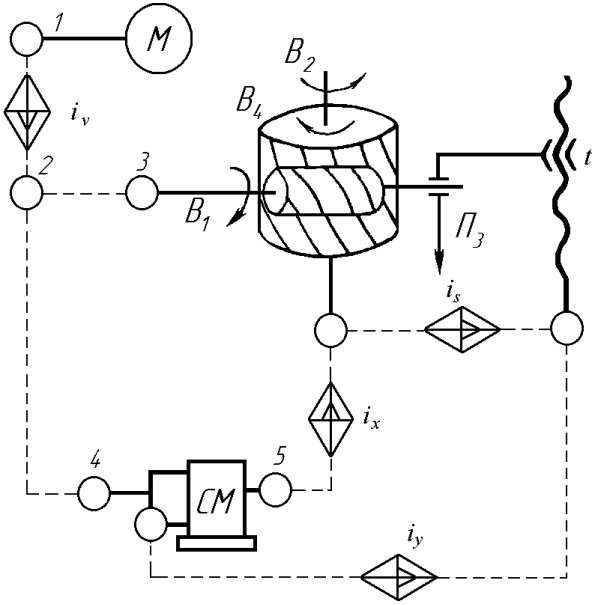


Рис. 3. 5 Кинематическая структура зубофрезерного станка

Станки с программным управлением первого поколения создавались на основе базовых конструкций станков с ручным управлением. В этих станках, как правило, изменялись лишь приводы подач за счет использования регулируемых двигателей.

Коренное изменение кинематической структуры и конструкции исполнительных механизмов станков с ЧПУ произошло по мере совершенствования электромеханического привода и микропроцессорной системы управления.

4. СТАНКИ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Для универсальных станков с ручным управлением характерно наличие ступенчато регулируемых приводов главного движения и движения подач.

Достоинствами этих приводов являются небольшая стоимость, высокая надежность, простота их обслуживания, жесткость характеристики, небольшие габариты электродвигателя, постоянная мощность во всем диапазоне скоростей шпинделя; основные недостатки: потеря производительности (из-за ступенчатого ряда частот вращения шпинделя), сложность кинематики (длинные кинематические цепи), повышенные шумовые и энергетические характеристики, сравнительно большие динамические нагрузки и время переходных процессов в диапазоне высоких частот вращения шпинделя, сложность автоматизации переключения скоростей.

В системах управления станками используются механические, гидравлические, пневмо-гидравлические, электрические и комбинированные устройства. На некоторых станках ручное управление сочетается с цифровой индикацией по системе упоров и наборов кулачков.

4.1. Токарные станки с ручным управлением

Токарные станки занимают одно из основных мест в станочном парке промышленности. Эти станки предназначены для обработки, главным образом, наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, для нарезания наружных и внутренних резьб, обработки торцовых по-

верхностей. Кроме того, на токарных станках можно производить отрезку, подрезку, сверлить, зенкеровать, развертывать, а также выполнять операции шлифования, полирования и фрезерования при оснащении специальными приспособлениями.

Основными параметрами токарных станков являются наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной, наибольшее расстояние между центрами или наибольшая длина обработки. Кроме этих параметров важными размерами токарных станков, определяющими области их применения, являются наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом, максимальная частота вращения шпинделя, наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе.

Группа токарных станков многочисленна и определяется назначением, компоновкой, степенями универсальности, точности, автоматизации и другими признаками. Наиболее универсальными являются токарно-винторезные станки. Конструктивная компоновка токарно-винторезных станков с ручным управлением (рис. 4.1) практически однотипна и состоит из станины 1, на которой монтируются все механизмы станка: передней шпиндельной бабки 7, коробки подач 6, фартука 4, ходовых винта 2 и вала 3, двух- или трехкоординатного суппорта 5 и задней бабки 10.

В передней шпиндельной бабке размещается шпиндельный узел. В станках с совмещенным приводом кроме шпиндельного узла в передней бабке размещается коробка скоростей. В станках с разделенным приводом в передней бабке установлен или только шпиндельный узел, или он дополнен группой зубчатых передач перебора.

Коробка подач 6 предназначена для передачи движения исполнительным механизмам станка по рассчитанным перемещениям от шпинделя с помощью ходового винта 2 при обработке винтовых поверхностей, или с помощью ходового вала 3 с необходимым передаточным отношением при других видах токарной обработки.

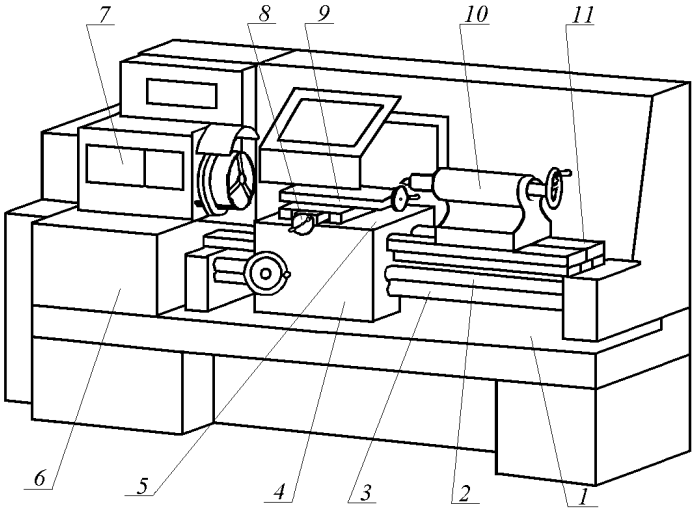


Рис. 4.1. Компоновка токарно-винторезного станка

Фартук 4 осуществляет передачу движения на суппорт 5 от вала 3. Управление валом 3 и винтом 2 сблокировано. Фартук распределяет движение на нижний продольный суппорт, перемещающийся по направляющим станины 11, или на верхний поперечный суппорт 8, перемещающийся по направляющим нижнего суппорта. На поперечном суппорте установлена поворотная каретка 9 с резцедержателем. Задняя бабка 10 служит для установки или центра поддержки обрабатываемой детали, или стержневого инструмента (сверл, разверток и т.п.).

Структурное представление кинематических связей, участвующих в формообразовании поверхностей обрабатываемых деталей на токарно-винторезном станке, позволяет получить в простой и наглядной форме полную кинематическую структуру станка.

В токарных станках с ручным управлением существуют несколько групп формообразования с механическими связями. Для их выявления составляется принципиальная схема резания, показывающая характер взаимодействия между режущим ин-

струментом и обрабатываемой поверхностью детали для всех формообразующих движений и взаимосвязь между ними.

Для выполнения операций точения и резьбонарезания на станке имеются группы кинематических цепей, на рисунке 4.2 позиции: *а* – главного движения, определяющая скорость резания, $\Phi_V(B_1)$; *б* – продольной подачи $\Phi_{S1}(П_2)$; *в* – поперечной подачи $\Phi_{S2}(П_3)$; *г* – винторезной $\Phi_V(B_1П_2)$. Каждая группа имеет свои исполнительные механизмы и органы настройки их движений.

Главное движение получает шпиндель станка. Источник его движения – двигатель М. Орган настройки на скорость – коробка скоростей с определенным для каждой скорости передаточным отношением i_v. Траекторию движения шпинделя определяют его опоры. Кинематическая группа – простая.

Продольную подачу получает продольный суппорт. Источник движения – привод главного движения. Орган настройки на скорость – коробка подач с переменным передаточным отношением i_s. Траекторию движения суппорта определяют направляющие, расположенные на станине станка. Кинематическая группа – простая.

Структура привода поперечной подачи аналогична структуре привода продольной подачи. Отличие состоит в конечном звене передачи движения на суппорты: продольный суппорт получает движение от зубчато-реечной пары, а поперечный – от передачи винт – гайка.

Реализацию винторезной обработки осуществляет сложная кинематическая группа, в которой согласованы главное движение и движение подачи. Для этого требуется дополнительная настройка подачи, поэтому на станке имеется гитара сменных колес с передаточным отношением i_x.

Схема кинематических связей, участвующих в формообразовании поверхности обрабатываемой детали на токарно-винторезных станках, представлена на рис. 4.3.

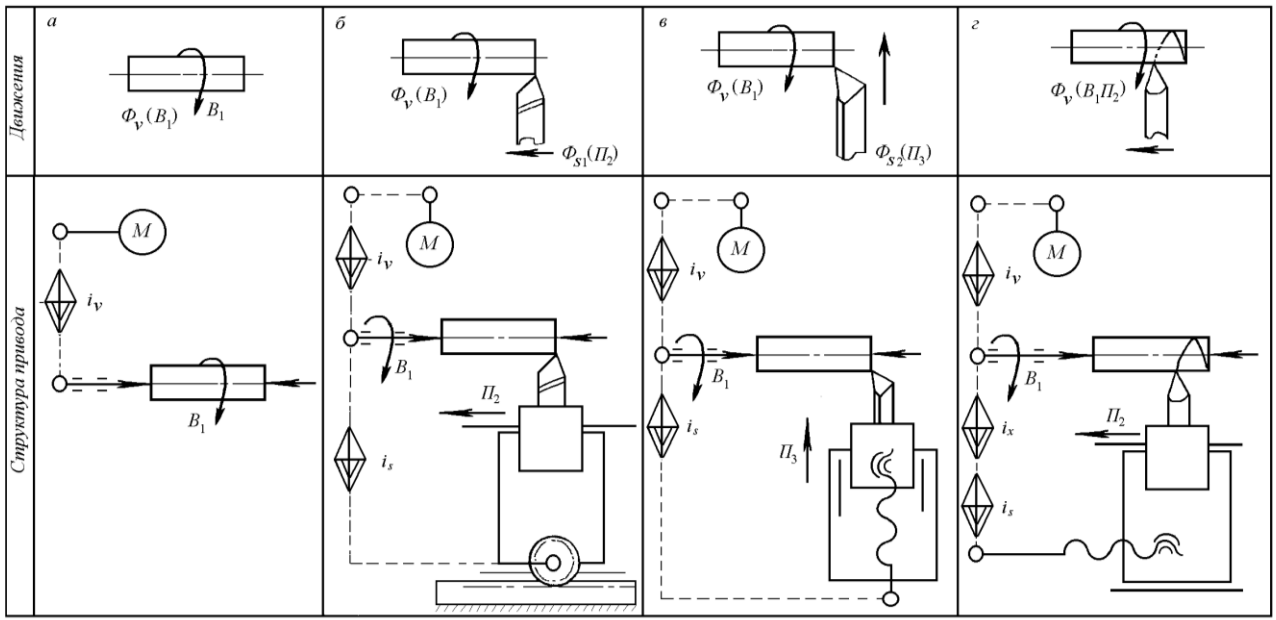


Рис. 4.2. Структурные кинематические схемы токарных операций:
кинематические группы: *а*, *б*, *в*, - простые; *г* - сложная

В зависимости от универсальности кинематическая структура токарного станка может иметь все рассмотренные группы или некоторые из них. Как уже было сказано, наиболее сложная кинематическая структура у токарно-винторезного станка.

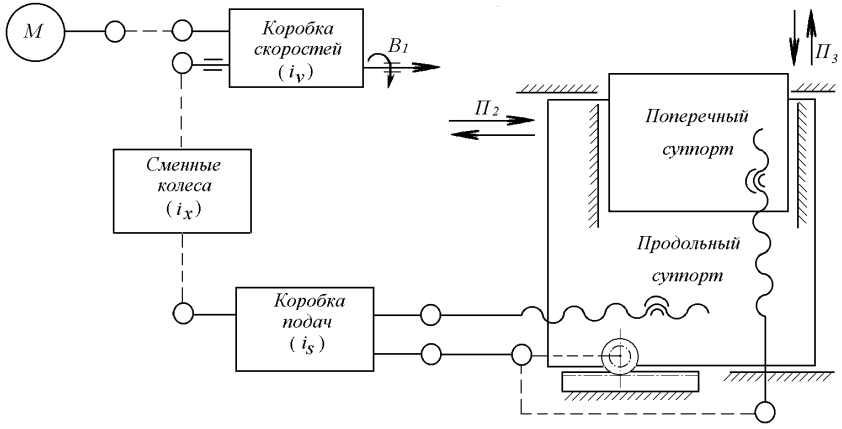


Рис. 4.3. Принципиальная схема кинематических связей токарно-винторезного станка

Представленная кинематическая структура обеспечивает выполнение всех исполнительных движений, необходимых для формообразования: перемещение инструмента (установочное) для получения заданного размера осуществляется механизмами подачи [Уст($П_2П_3$)]; врезание, например при обработке канавки, - механизмом поперечной подачи [Вр($П_3$)]; деление выполняется поворотом шпинделя с заготовкой [Д($В_1$)].

В данной работе приведены примеры кинематики и конструктивного исполнения основных рабочих органов двух разновидностей станков токарной группы: токарно-винторезных, токарно-револьверных.

Управление токарно-винторезными станками – ручное механическое, токарно-револьверными – комбинированное.

4.1.1. Токарно-винторезные станки мод. 1И611П и 1А616

Станки предназначены для выполнения различных токарных работ в центрах, патроне и цанге, а также для нарезания метрической, дюймовой, модульной питчевой резьб.

Станок мод. 1И611П обеспечивает повышенную точность токарной обработки и нарезания резьб. Станок мод. 1А616 нормальной точности.

Компоновочные решения обоих станков типовые, различие имеется лишь в конструкции станин: станок мод. 1И611П имеет сварную станину коробчатой формы, а станок мод. 1А616 – П-образную. Движения шпинделей станков осуществляется от электродвигателя через коробку скоростей, помещенных в тумбе станины, далее через клиноременную передачу или непосредственно на шпиндель, или на перебор. Управление перебором и зубчатой муфтой, установленной на шпинделе, сблокировано. В состав привода подачи входят: гитара, размещенная на боковой стороне станины; коробка подач, также размещенная на станине под шпиндельной бабкой; фартук, закрепленный на суппорте; ходовой вал и ходовой винт, передающие движение, преобразованное в прямолинейное, двухкоординатному суппорту, на котором установлено заграждение в виде прозрачного экрана.

Технические характеристики станков мод. 1И611П и 1А616

Станок	1И611П	1А616
Высота центров, мм	150	165
Наибольший диаметр обраба-тываемого изделия, мм:		
над станиной	300	320
над суппортом	160	180
Расстояние между центрами, мм	710	710
Наибольшая длина обтачивания, мм	640	660

Шаг нарезаемой резьбы:		
метрической, мм	0,5…6,0	0,5…24,0
дюймовой, число ниток на 1″	48,0…3,5	56,0…1,0
модульной, в модулях	0,25…3,00	0,25…22,00
питчевой, в питчах	96,0…7,0	128,0…2,0
Диаметр отверстия шпинделя, мм	35	35
Конус отверстия шпинделя	Морзе 5	Морзе 5
Конус отверстия пиноли задней бабки	Морзе 4	Морзе 4
Наибольшее перемещение пи-ноли, мм	100	120
Поперечное смещение задней бабки, мм	±12	±10
Частота вращения шпинделя (прямое и обратное), $мин^{-1}$	2,5…1600,0	9,0…1800,0
Подача суппорта, на один оборот шпинделя, мм:		
продольная	0,08…1,90	0,065…0,910
поперечная	0,04…0,05	0,065…0,910
Мощность электродвигателей, кВт:		
привода главного движения	2,2	4,0
привода насоса охлаждения	0,120	0,125
Габарит станка (длина х на ширину х на высоту), мм	2090x1093x1450	2135x1225x1220

Кинематика станков мод.1И611П и 1А616 обеспечивает строгую взаимосвязь между отдельными кинематическими цепями. Взаимосвязь вращения шпинделя и движения суппорта с инструментом обеспечивается использованием одного общего двигателя и настройкой механических кинематических цепей.

Привод главного движения разделенный: коробка скоростей расположена в основании станка (тумбе), а шпиндель с перебором - в передней шпиндельной бабке.

На рис. 4.4 представлена обобщенная структурная кинематическая схема токарно-винторезного станка. В ней предусмотрена возможность настройки каждого движения не только на траекторию, но и настройка по направлению реверсивными устройствами Р. На реальных станках реверс направления движения может осуществляться механически переключением зубчатых передач муфтами, установленными в каждой кинематической группе, или общим реверсивным механизмом для нескольких групп, как показано на схеме рисунка (реверс P_2). Реверсирование движений на станках может также осуществляться двигателем.

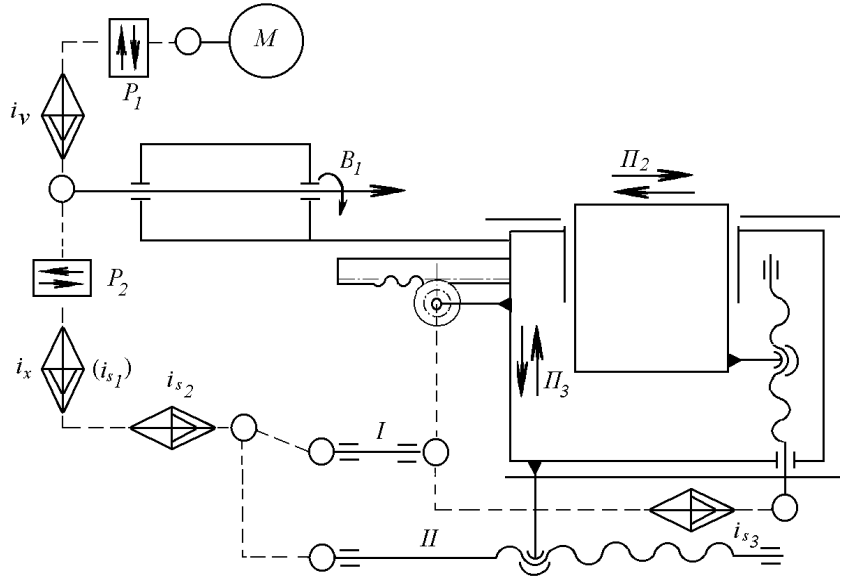


Рис. 4.4. Структурная кинематическая схема токарно-винторезного станка

Кинематическая схема станка мод. 1И611 представлена на рис. 4.5.

Вращение от вала двигателя через зубчатую муфту передается на вал I двенадцатиступенчатой коробки скоростей, на валу IV которой установлен шкив клиноременной передачи. Ведомый шкив диаметром 135 мм установлен на втулке с зубчатым венцом, от которого через зубчатую муфту вращение передается на шпиндель. При отключении муфты вращение на шпиндель передается через двойной блок перебора с передаточным отношением 1:8, расположенный на валу VI. Торможение шпинделя осуществляется противотоком.

Коробка подач состоит из механизма изменения шага, множительного механизма и механизма управления. Для нарезания точной резьбы предусмотрено прямое соединение ходового винта с гитарой сменных колес. Для протачивания конусов задняя бабка может смещаться в поперечном направлении. Пиноль выдвигается на нужную величину по лимбу.

Привод подачи станка берет начало от шпинделя, затем через зубчатые колеса, размещенные на валах VIII, IX и X, вращение передается на гитару сменных колес и от нее на входной вал XII коробки подач. Вал XII с помощью трех зубчатых муфт может последовательно соединяться с валами XIV, XVI и XVIII, или через подвижные блоки шестерен с валами XIII и XV, которые могут также соединяться между собой зубчатой муфтой.

На ходовой вал XX вращение передается с валов XVI или XVIII через блок (Z = 52 и 22) и шестерню (Z = 40), расположенных на валу XVII, который соединен с ходовым валом жесткой муфтой. По ходовому валу перемещается шестерня (Z = 22), установленная на подшипниковых опорах в корпусе фартука, через которую вращение передается на входной вал XXI фартука, затем через червячную передачу и систему зубчатых колес вращение передается валу XXV, на противоположном конце которого расположена реечная шестерня с 15 зубьями. Корпус фартука закреплен на продольном суппор-

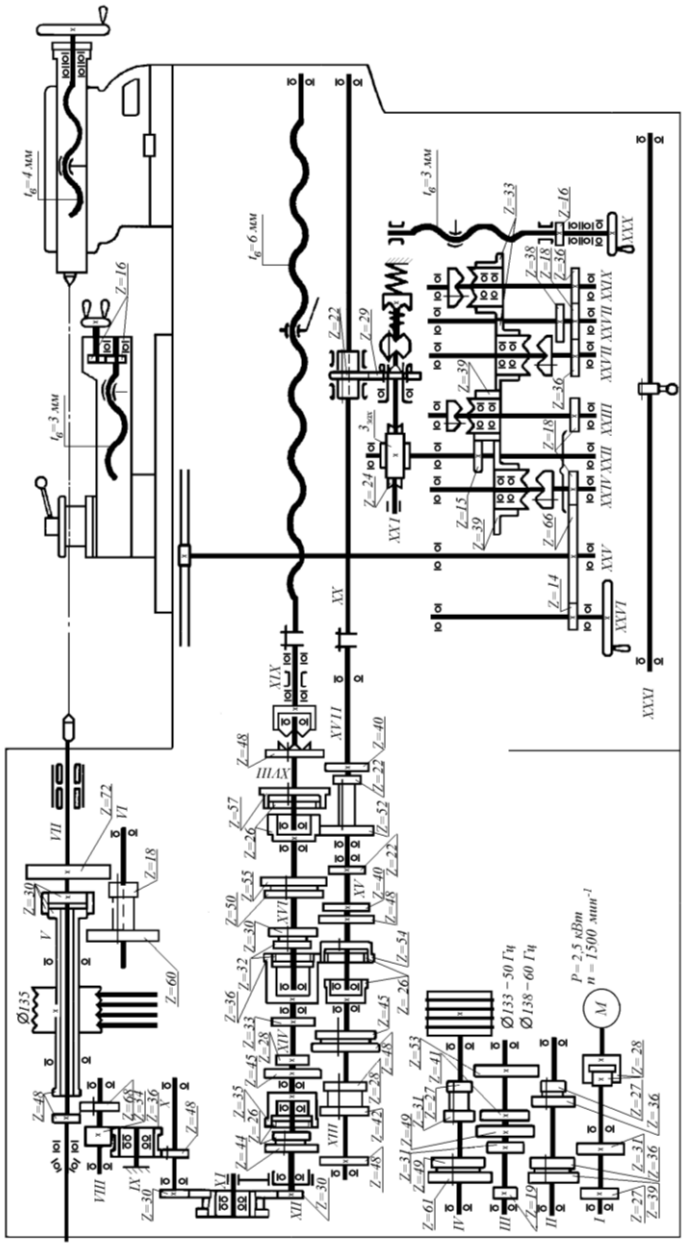


Рис. 4.5. Кинематическая схема станка мод. 1И611П

те; при перемещении шестерни по рейке, суппорт двигается со скоростью заданной продольной подачи.

Ходовой винт жестко соединен с валом XIX, который кулачковой муфтой подключается к валу XVIII коробки подач. Гайка ходового винта закреплена на суппорте. Движение суппорту от ходового винта передается при выполнении операции нарезания винтовых (резьбовых) поверхностей.

Поперечная подача верхнего суппорта осуществляется от вала XXV, через систему зубчатых колес, расположенных в фартуке, и ходовой винт поперечной подачи. Управление направлением и величиной подач в фартуке производится с помощью сблокированных между собой четырех кулачковых муфт.

Для настройки станка на XXVI и XXX валах установлены маховички ручного управления суппортом. На верхнем суппорте установлена поворотная каретка с резцедержателем, имеющая независимое ручное перемещение. На направляющих станины установлена задняя бабка, на которой расположена выдвижная пиноль.

На рис. 4.6 представлена кинематическая схема станка мод. 1А616. У данного станка в отличие от станка мод. 1И611П коробка скоростей трехваловая, при сохранении числа ступеней, скоростей 12, за счет увеличения числа зубчатых пар на валах.

Привод подач двухкоординатного суппорта аналогичен подробно разобранному приводу станка мод. 1И611П.

Шпиндельные узлы станков мод. 1А616 и 1И611П конструктивно однотипны. Они смонтированы в корпусах передних бабок станков на подшипниках качения (рис. 4.7 и 4.8).

Передней опорой шпинделя I (см. рис. 4.7) служит радиальный двухрядный роликовый подшипник 2 с коническим внутренним кольцом серии 3182100, установленный в расточке передней стенки корпуса шпиндельной бабки 3. Подшипник базируется по конической поверхности шейки шпинделя, на которую устанавливается с натягом, и по тор-

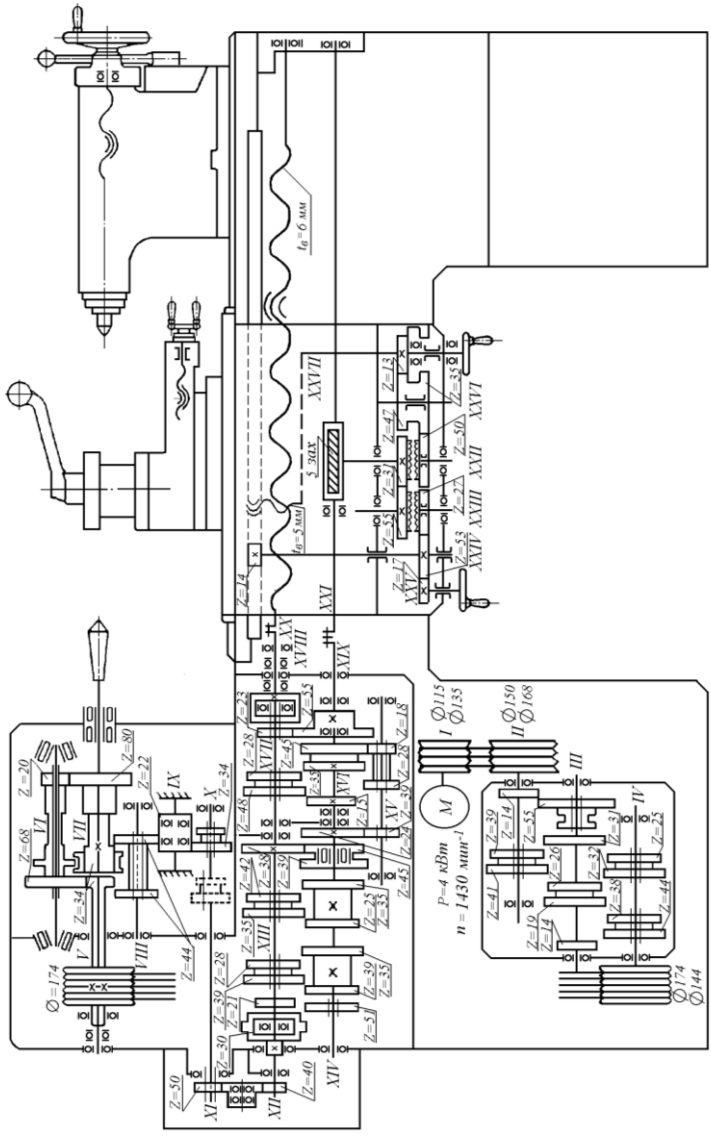


Рис. 4.6. Кинематическая схема станка мод. 1А616

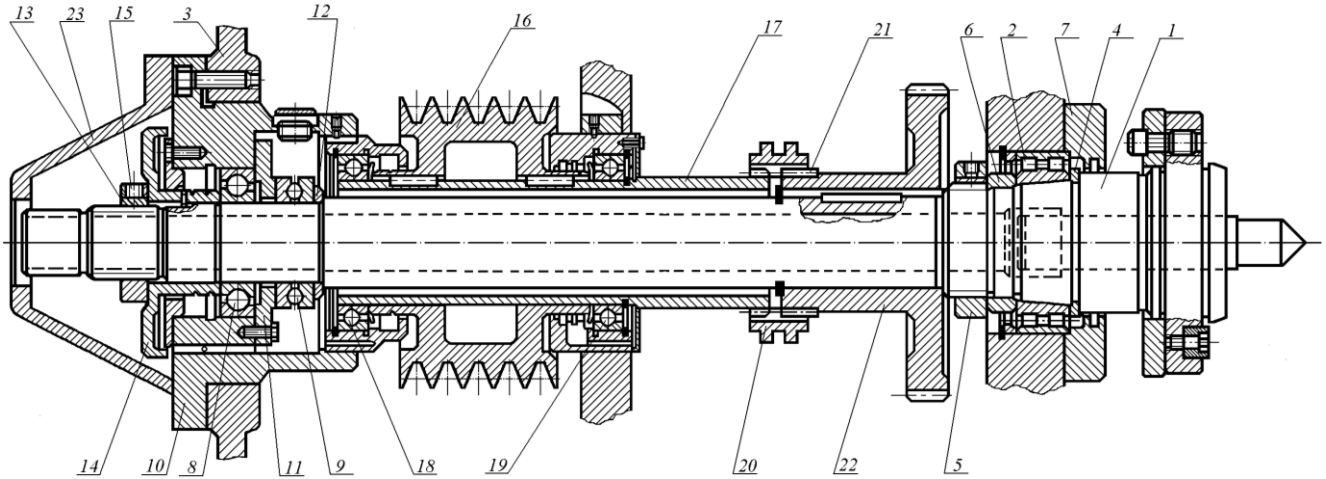


Рис. 4.7. Шпиндельный узел станка мод. 1А616

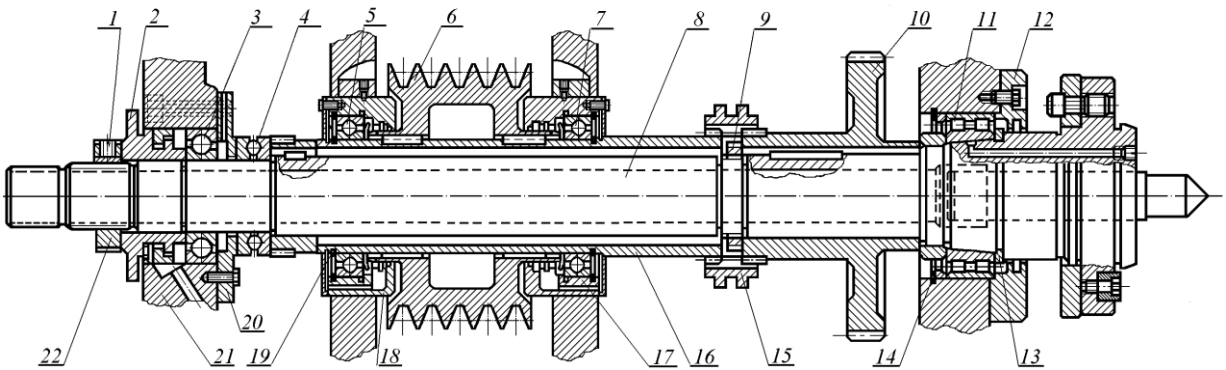


Рис. 4.8. Шпиндельный узел станка мод. 1И611П:
1 – стопор; 2 – задний фланец; 3 – радиально-упорный шарикоподшипник; 4 – упорный шарикоподшипник; 5 – радиальный шарикоподшипник; 6 – шкив; 7 – радиальный шарикоподшипник; 8 – шпиндель; 9 – гайка; 10 – зубчатое колесо перебора; 11 – двухрядный роликовый подшипник; 12 – передний фланей; 13 – дистанционное кольцо; 14 – пружинное кольцо; 15 – зубчатая муфта, 16 – втулка; 17, 18 – корпус подшипника; 19 – пружинное кольцо; 20 – фланец; 21 – корпус шпиндельной бабки; 22 - гайка

цу дистанционного кольца 4, в свою очередь, опирающегося в бурт шпинделя. Прижим внутреннего кольца подшипника к торцу дистанционного кольца осуществляется гайкой 5 через втулку 6.

Положение наружного кольца подшипника 2 фиксируется относительно передней стенки корпуса шпиндельной бабки передним фланцем 7, устанавливаемым на сменных прокладках. Дистанционное кольцо 4 и фланец 7 одновременно служат для защиты подшипника 2 от загрязнения и для задержки смазки.

Задняя опора шпинделя образована радиально-упорным 8 и упорным 9 шарикоподшипниками. Корпус 10 подшипника 8 установлен в расточке задней стенки корпуса шпиндельной бабки. Наружное кольцо подшипника фиксируется в осевом направлении фланцем 11, который через упорный подшипник 9 и кольцо 12 упирается в бурт шпинделя. Натяг подшипника 8 осуществляется гайкой 13 через задний фланец 14. Гайка 13 фиксируется стопором15.

Шкив 16 установлен на втулке с зубчатым венцом 17, которая, в свою очередь, установлена на радиальных шарикоподшипниках 18 и 19. Корпус подшипника 19 установлен в расточке внутренней стенки корпуса шпиндельной бабки. Корпус подшипника 18 размещен в корпусе 10 задней опоры. С втулкой 17 шкив 16 связан двумя шпонками. Муфта 20 замыкает зубчатый венец втулки 17 с венцом 21 двухвенцового зубчатого колеса 22, которое соединяет шпиндель с перебором. Кожух 23 защищает заднюю выступающую часть шпинделя.

В отличие от рассмотренной конструкции шпиндельного узла станка мод. 1А616, шпиндельный узел станка мод. 1И616 (см. рис. 4.8) установлен в корпусе шпиндельной бабки с двумя внутренними стенками, поэтому оба корпуса подшипников 5 и 7 шкивной втулки 16 смонтированы в расточках внутренних стенок корпуса 21.

Механизм продольной подачи станка мод. 1А616 состоит из коробки подач, система зубчатых передач которой

смонтирована в корпусе 1 (рис. 4.9). Вал 2 коробки подач через зубчатую муфту 3 и жесткую муфту 4 передает движение ходовому винту 5. Опора вала 2, состоящая из двух упорных шарикоподшипников 6 и 7 и радиальных шарикоподшипников 8 и 9, одновременно выполняет функции опоры ходового винта 5 за счет жесткого соединения муфтой 4. Подшипники опоры установлены в корпусе 10. Положение подшипников в корпусе фиксируется дистанционными кольцами и гайками 11. Полугайки 12, образующие маточную гайку ходового винта, размещены в корпусе 13, который закреплен на салазках продольного суппорта станка. Зазор в резьбовом соединении винта и гайки регулируется осевым смещением левой полугайки с помощью зубчатого колеса 14, которое находится в зацеплении с зубчатым венцом, расположенным на резьбовом конце левой полугайки и жестко фиксируется винтом 15.

Второй опорой ходового винта служит радиальный двухрядный сферический шарикоподшипник 16, установленный в расточке кронштейна 17. Крышки 18 и 19 защищают опору от загрязнения. Положение внутреннего кольца подшипника 16 фиксируется уступом хвостовой части винта и гайкой 20. Ходовой вал 21 получает движение от вала 22 коробки подач через предохранительную муфту 23.

4.1.2. Токарно-винторезный станок мод. 16Б16П

Станок обеспечивает повышенную точность токарной обработки в центрах, патроне и цанге, а также нарезания метрической, дюймовой и модульной резьб. Компоновка станка стандартная.

В приводе станка использован двухскоростной электродвигатель, что позволило применить компактную шестиступенчатую автоматическую коробку скоростей.

Двигатель, ременнозубчатая передача и коробка скоростей размещены в основании станка. Через зубчатую ременную передачу, расположенную на боковой стороне станка и

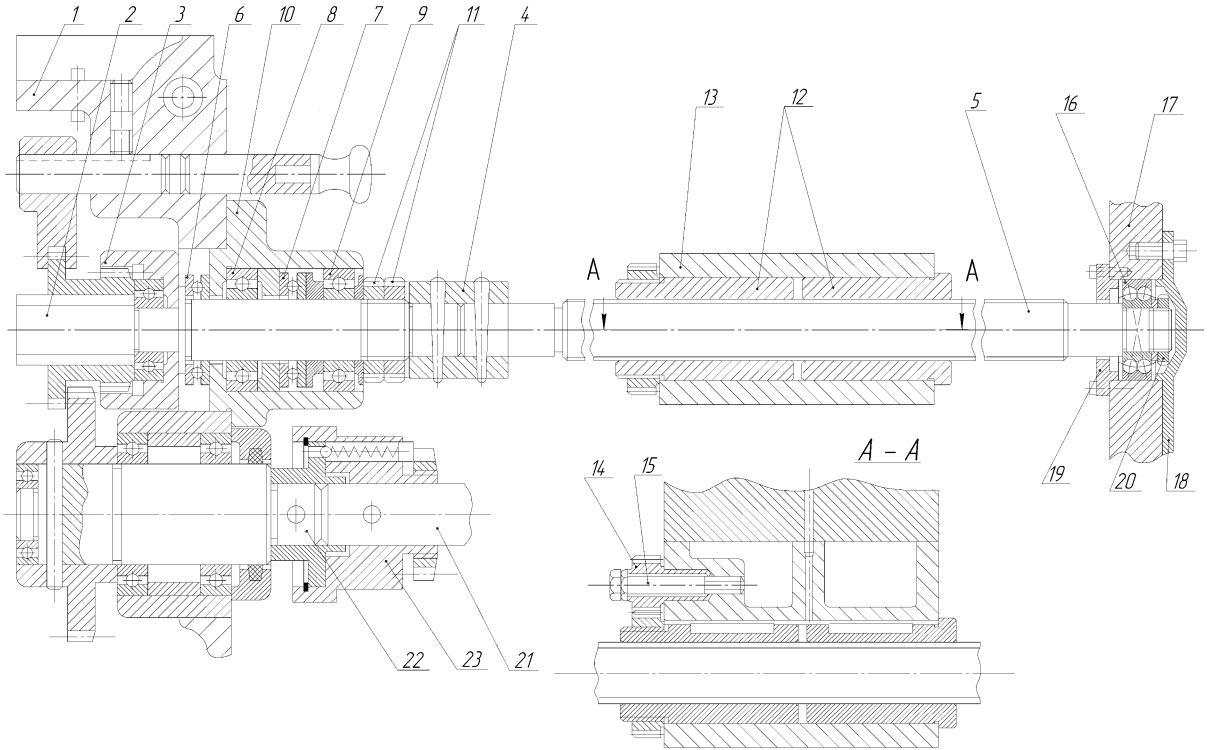


Рис. 4.9 Ходовой винт продольной подачи станка мод. 1А616

закрытую кожухом, движение передается на шкив шпинделя, установленный в шпиндельной бабке.

Привод подачи состоит из гитары сменных шестерен, коробки подач, фартука, ходовых винта и вала. Размещение механизмов привода подач на станке традиционное: гитара сменных колес на левой боковой стороне станка, коробка подач впереди, под шпиндельной бабкой, фартук закреплен на передней части суппорта. Ходовые винт и вал проходят через фартук и установлены на опорах, одна из которых находится в расточке правой боковой стенки корпуса коробки подач, а вторая – в кронштейне, закрепленном на передней стенке станины.

Станок оснащен системой охлаждения. На суппорте закреплен прозрачный экран заграждения.

Технические характеристики станка мод. 16Б16П

Высота центров, мм	165
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм:	
над станиной	320
над суппортом	180
Расстояние между центрами, мм	710
Наибольшая длина обтачивания, мм	660
Шаг нарезаемой резьбы:	
метрической, мм	0,5…24,0
дюймовой, число ниток на 1″	56…1
модульной, в модулях	0,25…22,00
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	35
Конус отверстия в шпинделе	Морзе 5
Конус отверстия пиноли задней бабки	Морзе 4
Наибольшее перемещение пиноли, мм	120
Поперечное смещение задней бабки, мм	±10
Частота вращения шпинделя (прямое и обратное), мин$^{-1}$	20…2000
Подача суппорта, на один оборот шпинделя, мм:	

продольная	0,05…1,40
поперечная	0,025…0,900
Мощность электродвигателей, кВт:	
привода главного движения	3,8/6,3
привода быстрой подачи	0,37
привода насоса охлаждения	0,125

Кинематика станка мод. 16Б16П отличается от кинематики станка мод. 1А616 большей точностью взаимосвязи между отдельными кинематическими цепями и улучшением условий управления скоростными параметрами режима обработки.

Повышение точности взаимосвязи двигатель – коробка скоростей – шпиндель обусловлено использованием зубчатых ременных передач между двигателем и коробкой скоростей, а также между коробкой скоростей и шпинделем.

Использование двухскоростного электродвигателя и коробки скоростей с электромагнитными муфтами позволило автоматизировать управление скоростью вращения шпинделя в диапазоне передачи движения напрямую, минуя переборную группу.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 4.10. Вращение от вала I двигателя передается зубчатой ременной передачей на вал II трехваловой коробки скоростей. Затем с вала IV через зубчатую ременную передачу вращение передается на шкив, установленный на опорах качения, который передает движение на шпиндель через зубчатую муфту, обеспечивающую передачу крутящего момента на скоростных режимах, не создавая радиальных нагрузок, что улучшает выходные параметры точности станка. На низких частотных режимах вращение на шпиндель передается через валы VI, VII, VIII.

Движение подачи берет начало от шпинделя через валы X, XI и XII, затем передается на гитару сменных шестерен и на вал XIV коробки подач. Девять валов коробки подач взаимосвязаны четырмя кулачковыми муфтами и группами зубчатых

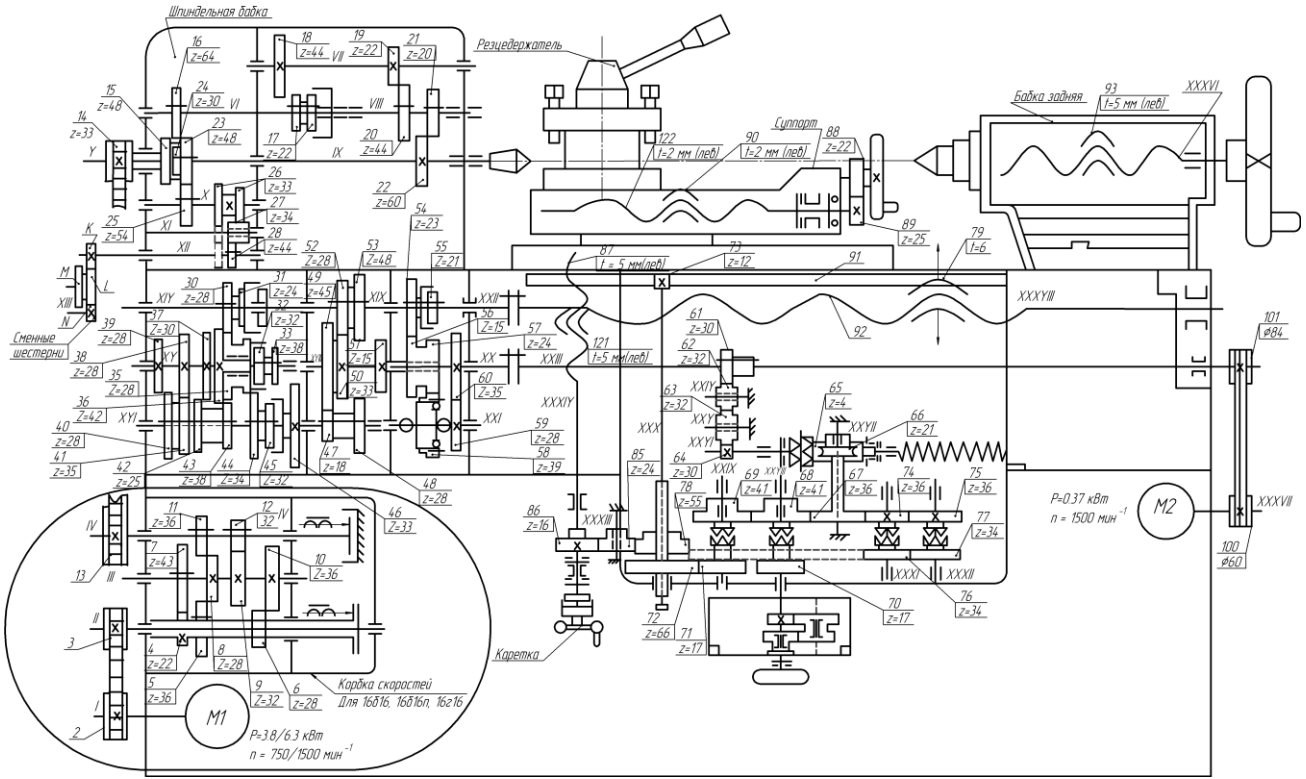


Рис. 4.10. Кинематическая схема станка мод. 16Б16П

передач. На XXI валу расположена шариковая муфта, которая под действием усилий, возникающих при перегрузке, автоматически прекращает продольную подачу суппорта от ходового вала.

Система шестерен, расположенная в фартуке станка, получает вращение от подвижной шестерни ходового вала XXIII, и с помощью пяти кулачковых муфт направляет движение на реечную пару продольного суппорта или на ходовой винт поперечной подачи.

Ходовой винт продольной подачи жестко соединен с валом XXII коробки подач. Вращение на винт передается включением кулачковой муфты, расположенной на валу XXII. Гайка ходового винта закреплена на суппорте. Движение суппорту от ходового винта передается при нарезании резьб.

Ходовой вал имеет еще один источник движения - двигатель М2, который через клиноременную передачу включается для быстрого перемещения суппорта на холостом ходу.

Шпиндельная бабка станка мод. 16Б16П со шпиндельным узлом представлена на рис. 4.11. В отличие от ранее рассмотренных в данной конструкции шпиндельного узла в качестве опор использованы конические роликовые подшипники. Передняя опора шпинделя образована двухрядным коническим роликовым подшипником с буртом, задняя опора – коническим роликовым однорядным подшипником с широким наружным кольцом и встроенными пружинами для предварительного натяга. Отличительной особенностью этих подшипников является наличие полых роликов, в результате чего образуется система каналов с циркулирующей смазкой. Кроме того, у двухрядного подшипника количество роликов в сепараторе переднего кольца на один больше, чем заднем. Это обстоятельство способствует улучшению динамических свойств подшипника и, следовательно, шпиндельного узла в целом.

Базирование подшипника 1 в передней опоре осуществляется по шейке шпинделя 2 и плоскому торцу шпиндельной бабки 3. Диаметры отверстий внутренних колец подшипника не одинаковы: диаметр отверстия заднего кольца на несколько

микрометров больше, чем переднего. За счет этого осуществляется предварительный натяг в опоре с помощью гайки 4, которая фиксируется стопорной шайбой 5. Фланец 6 защищает переднюю опору от загрязнения и удерживает смазку.

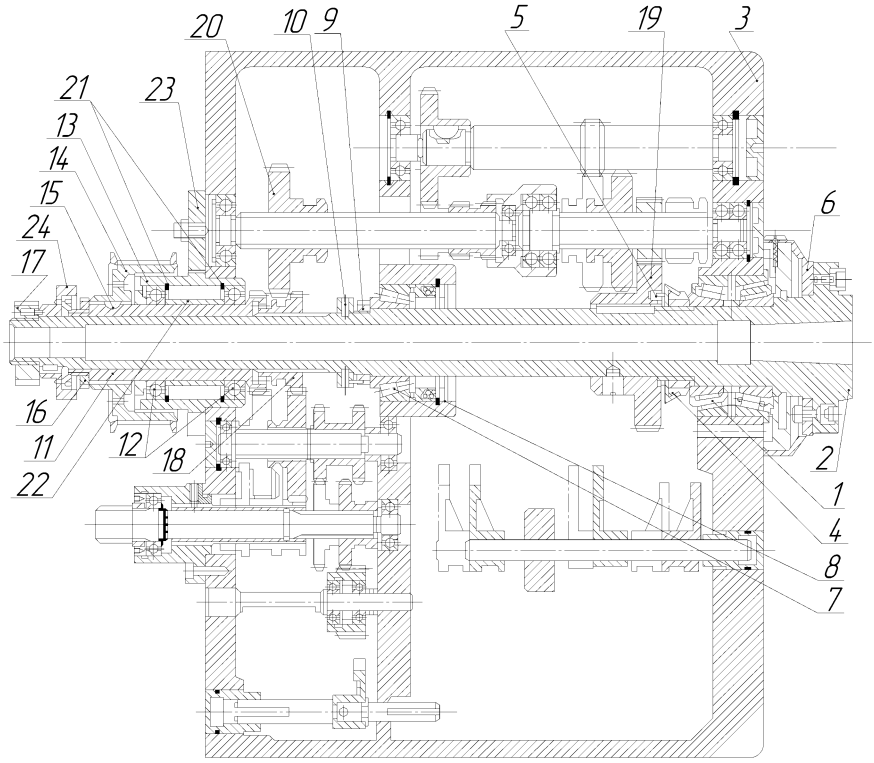


Рис. 4.11. Шпиндельная бабка станка мод. 16Б16П

Подшипник 7 задней опоры в радиальном направлении базируется отверстием внутреннего кольца по шейке шпинделя. В осевом направлении внутренее кольцо подшипника 7 базируется торцом по выступу шейки ступенчатой поверхности шпинделя. Наружное кольцо устанавливается в расточке внутренней стенки корпуса 3 шпиндельной бабки. В отверстии имеется канавка для установки пружинного кольца. Осевое базирование наружного кольца подшипника осуществляется упо-

ром торца в дистанционное кольцо и через него в пружинное кольцо 8. Рабочий зазор (натяг) в подшипнике регулируется гайкой 9 и фиксируется стопорной шайбой и стопорным кольцом 10. Постоянный рабочий зазор (натяг) в опоре поддерживается с помощью пружинных элементов, встроенных в широкое наружное кольцо подшипника 7.

На заднем конце шпинделя 2 свободно установлена втулка 11 с наружным зубчатым венцом, работающим в зацеплении с подвижным зубчатым блоком 20 при включенном переборе. На другом конце втулки 11 на сегментной шпонке 15 установлен шкив 14. Втулка 11 имеет также внутренний зубчатый венец, работающий в зацеплении с зубчатой муфтой 18, при этом вращение от шкива передается напрямую на шпиндель. На втулке 11 смонтированы радиальные шарикоподшипники 12, которые установленны в корпусе 13, закрепленном в расточке задней стенки корпуса шпиндельной бабки 3. В осевом направлении подшипники 12 по наружным кольцам фиксируются пружинными кольцами 21, а по внутренним – дистанционным кольцом 22. С внешней стороны подшипники защищены лабиринтным фланцем 23, на резьбовом конце втулки 11 установлена гайка 16, предохраняющая шкив 14 от осевого смещения. Кулачковая муфта 18 перемещается по шлицевой шейке шпинделя. В уступ шлицевой шейки упирается одним концом втулка 11, другой ее конец фиксируется лабиринтным кольцом 24 и гайкой 17 со стопором.

Вращение на шпиндель передается или напрямую, от шкива, через цепь шкив – втулка – зубчатая муфта – шпиндель, или приводная шестерня 19 передает вращение на шпиндель через перебор.

Привод поперечного суппорта станка мод. 16Б16П с ходовым винтом показан на рис. 4.12. На салазках поперечного суппорта 1 закреплен корпус 2 гайки 3 ходового винта 4. Зазор в резьбовом соединении винт – гайка регулируется осевым смещением ходовой гайки 3 с помощью корончатой гайки 5 и фиксируется контргайкой 6.

Ходовой винт 4 имеет одну опору, состоящую из подшипника скольжения 7 и упорного шарикоподшипника 8. Опора винта установлена в расточках салазок продольной подачи суппорта 9, которые перемещаются по направляющим станины 10. Второй опорой служит гайка 3 ходового винта.

Вращение ходовому винту от привода, размещенного в фартуке станка, передается через шестерню 11. Вручную винт 4 вращается при включении механизма 12.

4.1.3. Токарно-винторезный станок мод. 16К20П

Токарно-винторезный станок мод. 16К20П предназначен для выполнения разнообразных токарных работ, включая нарезание правой и левой метрической, дюймовой, одно- и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом, нарезания торцовой резьбы и т.д.

Станок мод. 16К20П повышенной точности изготовлен на основе базовой модели 16К20. Широкие технологические возможности станка определяются способностью обрабатывать детали как из незакаленных, так и закаленных, и труднообрабатываемых сталей и сплавов. Станок мод. 16К20П является базовой моделью для станков с ЧПУ. В нем использовано литое основание, образующее со станиной жесткую рамную конструкцию, значительно повысившую жесткость и виброустойчивость упругой системы станка.

В опорах шпиндельного узла использованы подшипники высокой точности, что также способствовало повышению общей жесткости, точности станка и позволило увеличить диапазон нагрузок от сил резания, полностью используя мощность привода.

Станок оснащен централизованной системой интенсивного смазывания коробок скоростей и подач, направляющих станины и суппорта; масло, поступающее в систему, проходит двойную очистку.

Задняя бабка станка установлена на аэростатической опоре, что значительно облегчает ее перемещение и предохра-

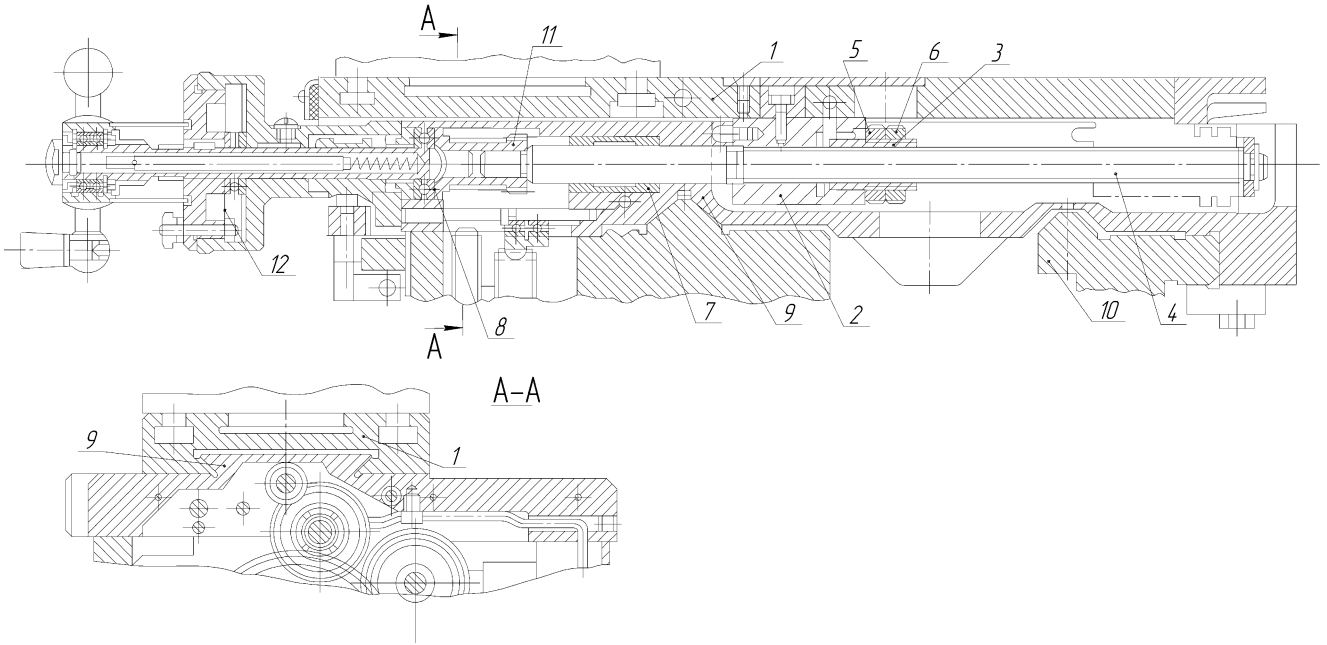


Рис. 4.12. Привод поперечного суппорта станка мод. 16Б16П

няет направляющие станины от изнашивания. Направляющие станины закалены и надежно защищены от попадания в зону трения стружки и пыли.

Технические характеристики станка мод. 16К20П

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
над станиной	400
над суппортом	220
Расстояние между центрами, мм	710, 1000, 1400
Наибольшая длина обтачивания, мм	930
Шаг нарезаемой резьбы:	
метрической, мм	0,5…112,0
дюймовой, ниток на 1″	56,0…0,5
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	50
Конус отверстия шпинделя	Морзе 6
Конус отверстия пиноли задней бабки	Морзе 5
Наибольшее перемещение пиноли, мм	200
Поперечное смещение задней бабки, мм	±15
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	12,5…1600,0
Подача суппорта, на один оборот шпинделя, мм:	
продольная	0,05…2,80
поперечная	0,025…1,400
Мощность электродвигателей, кВт:	
привода главного движения	10
привода быстрой подачи	0,75

Кинематика станка мод. 16К20П обеспечивает передачу 22 частот вращения от односкоростного электродвигателя на шпиндель с использованием совмещенного привода. В приводе подач применена многоступенчатая унифицированная коробка, на которую движение передается по двум кинематическим цепям. Для этого в коробке скоростей установлено звено увеличения шага с двойным подвижным блоком, с помощью которого входной вал коробки подач получает движение или непосредственно от шпинделя, или от промежуточного вала.

Резцовая каретка поперечного суппорта имеет механический привод, что расширило технологические возможности станка по сравнению с другими моделями.

На рис. 4.13 представлена кинематическая схема станка мод. 16К20П. Привод главного движения состоит из электродвигателя М1 мощностью 10 кВт, клиноременной передачи со шкивами диаметром 148 и 268 мм и коробки скоростей с 24 ступенями частот вращения, две из которых 500 и 630 $мин^{-1}$ повторяются.

Электродвигатель размещен в нише нижней части станины. На входном валу I коробки скоростей установлена фрикционная муфта $М_I$ реверса вращения шпинделя. На валу VIII подвижно установлен блок $Б_5$ звена увеличения шага, с помощью которого через гитару зубчатых колес *K, L, M, N* вращение передается на входной вал XII коробки подач. Блок $Б_5$ передает вращение или от шпинделя (как показано на схеме, при работающей паре $\frac{45}{60}$), или от вала III через передачу $\frac{60}{45}$. В этом случае подачи и шаг резьбы увеличиваются, в зависимости от положения блоков $Б_3$ и $Б_4$, в 2,8 или 32 раза.

Привод подачи реверсивный. Механизм реверса размещен в коробке скоростей между валами VIII и X. Включение реверса осуществляется передвижением колеса $Z = 45$.

Кроме коробки подач в состав привода входит система передач, размещенная в фартуке, движение которой передается от ходового вала, соединенного с валом XIX коробки подач.

В систему передач фартука входят зубчатые колеса, передающие движение от ходового вала через предохранительную муфту $М_п$ к червячной паре с четырехзаходным червяком и червячным колесом с $Z = 21$. От нее, через зубчатые передачи, вращение передается или на вал реечной шестерни $Z = 10$, установленной на продольном суппорте, или на винт с шагом 5 мм поперечной подачи верхнего суппорта. По специальному

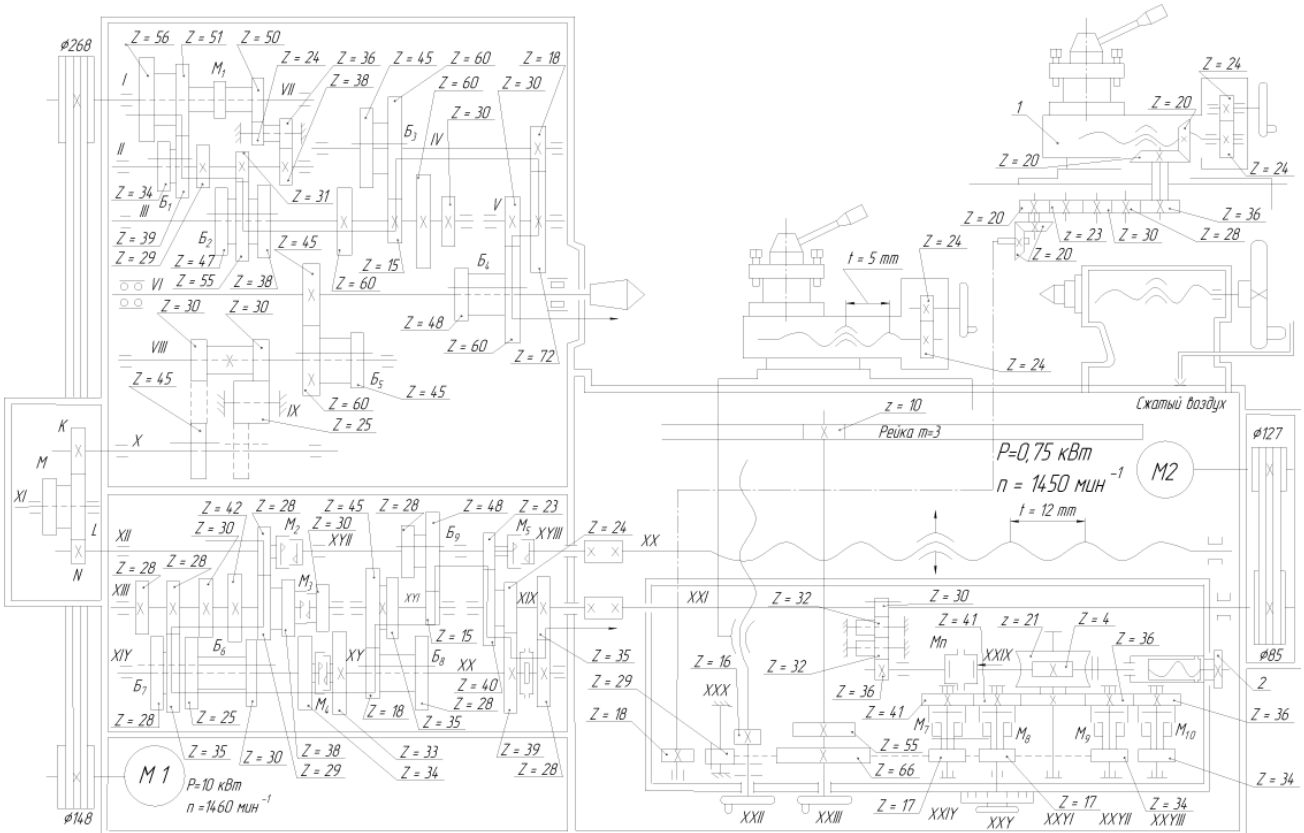


Рис. 4.13. Кинематическая схема станка мод. 16К20П:

заказу станок может быть оснащен резцовой кареткой с механической подачей через пару $\frac{29}{18}$.

При обработке резьбовых поверхностей ходовой винт с шагом 12 мм получает вращение от вала XVIII коробки подач и включается муфтой $М_5$. Гайка ходового винта закреплена на продольном суппорте. Быстрое перемещение суппорта осуществляется от электродвигателя М2 мощностью 0,75 кВт через клиноременную передачу.

Шпиндельный узел станка мод. 16К20П устанавливается опорами в расточенных отверстиях передней и задней стенок корпуса шпиндельной бабки (рис. 4.14). Передняя опора шпинделя 1 образована двухрядным радиальным роликовым подшипником 2 с коническим внутренним кольцом, которое установлено с натягом на конической шейке шпинделя. С целью достижения высокой жесткости наружное кольцо подшипника посажено непосредственно в расточку корпуса шпиндельной бабки. Надежное базирование радиального подшипника на конической поверхности шпинделя обеспечивается наличием длинной втулки 3 с пружинными вкладышами. Натяг радиального подшипника 2 обеспечивается регулировочной гайкой 4 и пружинными вкладышами поддерживается постоянным. Наружное кольцо подшипника 2 одним торцом упирается в уступ расточенного в корпусе отверстия, второй торец фиксируется передним фланцем 5.

Задняя опора образована двумя радиально-упорными шарикоподшипниками 6 и 7. В расточке задней стенки корпуса шпиндельной бабки запрессована втулка 8, в которой установлен подшипник 7. Внутреннее кольцо подшипника базируется по шейке шпинделя. В осевом направлении подшипник базируется по торцам дистанционных колец 9 и 10. Дистанционное кольцо 9 упирается в бурт шейки шпинделя. Подшипник 6 базируется по другой шейке шпинделя, диаметр которой несколько меньше, чем шейки подшипника 8. Таким образом, улучшаются условия создания предварительного осевого натяга подшипников гайками 11 и 12. Наружное кольцо подшипни-

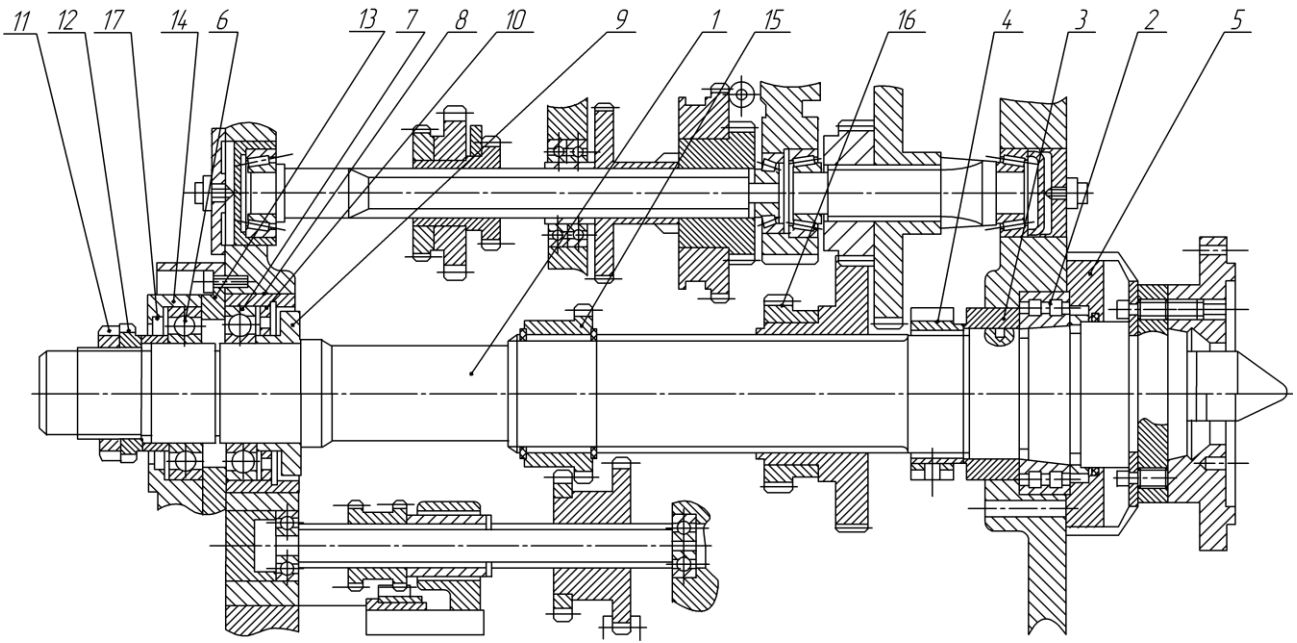


Рис. 4.14. Шпиндельный узел станка мод. 16К20П

ков 6 и 7 базируется по торцам дистанционным кольцом 13 и выточкой заднего фланца 14. Зубчатые колеса привода 15 и 16 установлены на шлицевой шейке шпинделя.

В заднем фланце опоры для защиты подшипников от загрязнения и задержки смазки установлено уплотнительное кольцо 17. Опоры шпинделя смазываются от централизованной системы смазки коробки скоростей. Планшайба 18 служит для базирования и крепления патрона.

Механизм продольной подачи станка мод. 16К20П с ходовым винтом показан на рис. 4.15. Привод подачи размещен в корпусе 1. Ходовой винт 2 жесткой муфтой 3 соединен с валом 4 и зубчатой муфтой 5 подключается к валу 6 коробки подач. Ходовой винт 2 установлен на двух опорах, причем одна опора, состоящая из подшипника скольжения 7 и двух упорных подшипников 8 и 9, установлена на валу 4. Вторая опора, представляющая собой подшипник скольжения 10, установлена на хвостовой части винта. Втулка подшипника 10 размещается в кронштейне, закрепленном на боковой стенке станины. Смазка подшипника производится консистентной смазкой через масленку 11 с шариковым клапаном. Пробка 12 закрывает отверстие после заполнения смазкой полости подшипника.

Гайка ходового винта состоит из двух полугаек 13 и 14. Регулировка зазора в винтовой паре осуществляется поворотом полугайки 13 с помощью зубчатого венца 15. Корпус гайки 16 закреплен на салазках суппорта станка. Втулка 17 является ограничителем продольного хода суппорта. Ходовой вал 18 получает вращение от вала 19 коробки подач, с которым соединен жесткой муфтой 20. Вал 19 установлен в расточке корпуса 1 на подшипнике 21. Коробка подач закрыта крышкой 22. На боковой стенке корпуса коробки подач расположена гитара сменных колес 23.

Двухкоординатный суппорт (рис. 4.16) состоит из салазок 1, перемещающихся по направляющим станины 2 и обеспечивающих продольную подачу суппорта. По направляющим салазок 1 перемещаются салазки 3, обеспечивающие поперечную подачу инструмента. Привод поперечной подачи осущест-

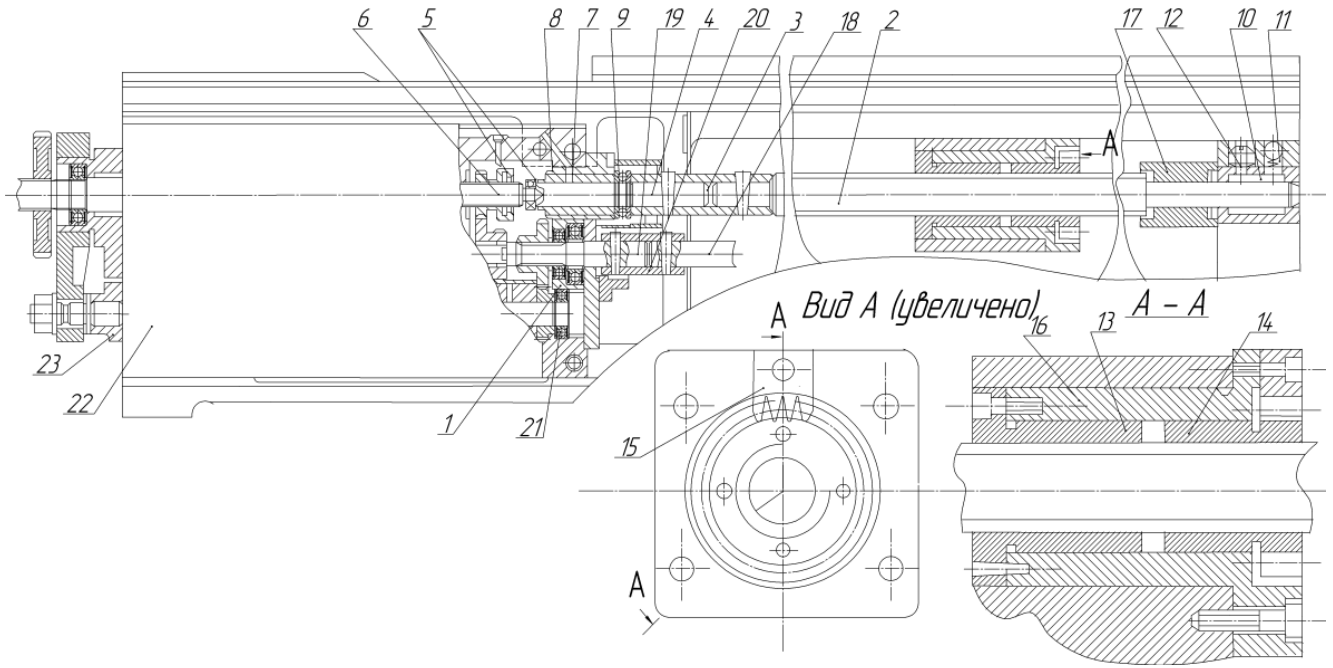


Рис. 4.15 Привод продольной подачи станка мод. 16К20П

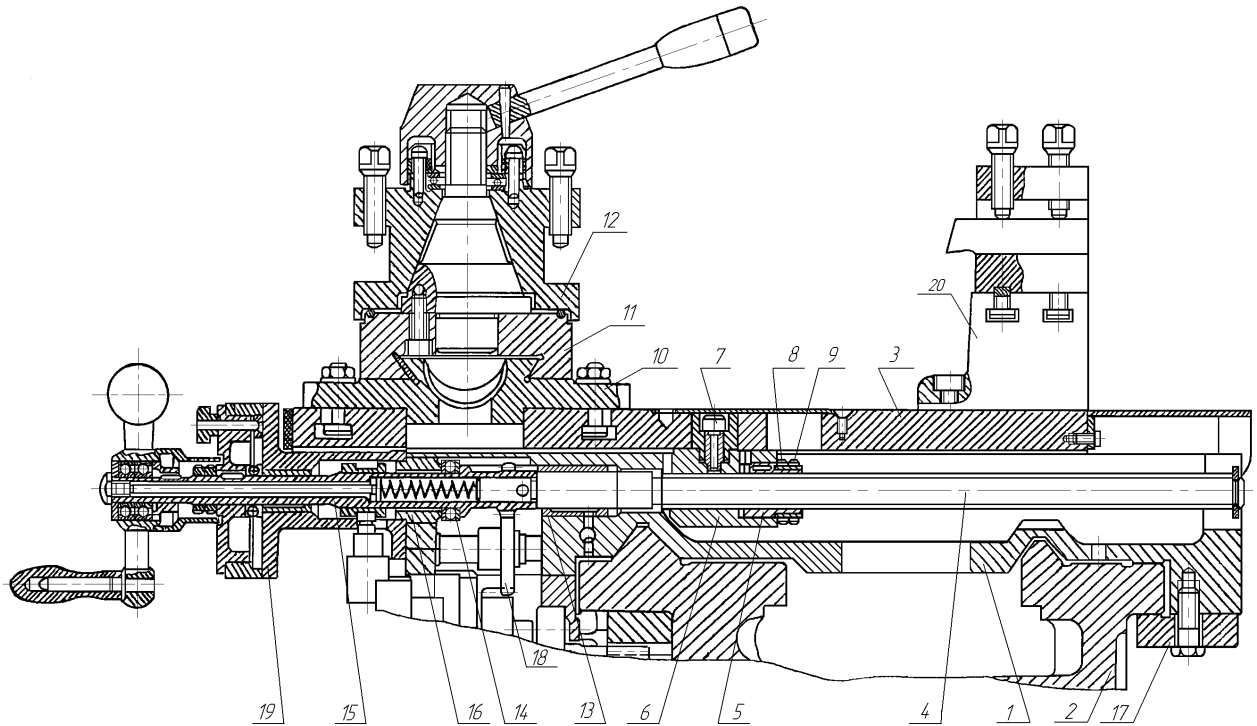


Рис. 4.16. Двухкоординатный суппорт станка мод. 16К20П

вляется от коробки подач через фартук и ходовой винт 4 с гайкой 5, установленной в корпусе 6, закрепленном на салазках поперечной подачи винтом 7. Гайка 8 и контргайка 9 служат для устранения зазора в резьбе, возникающего при износе винтовой пары. На салазках 3 на поворотной платформе 10 установлена резцовая каретка 11 резцедержателя 12.

Ходовой винт 4 установлен на опоре скольжения 13. Осевое перемещение винта ограничивается упорным шарикоподшипником 14, установленным между буртом втулки 15 с зубчатым венцом и дистанционным кольцом 16. При включении поперечной подачи зубчатый венец втулки 15 находится в зацеплении с приводным колесом 18. Устройство ручного перемещения смонтировано на гильзе 19.

4.1.4. Токарно-винторезные станки мод. 163 и 1М63

Токарно-винторезные станки мод. 163 и 1М63 универсальные и предназначены для выполнения токарных и винторезных работ по черным и цветным металлам, включая точение конусов и нарезание метрической, модульной, дюймовой и питчевых резьб.

Станки нормальной точности. Механизмы станков смонтированы на жесткой станине П-образной формы. Станина имеет две призматические направляющие для суппорта и две направляющие для задней бабки, из которых передняя плоская, а задняя призматическая. Кроме того, станина имеет наклонные окна для схода стружки назад. В левой тумбе установлен электродвигатель главного привода. В правой тумбе находится бак с эмульсией охлаждения и электронасосом.

На левой части станины размещены коробка скоростей со шпиндельным узлом и коробка подач.

Задняя бабка установлена на подвижном мостике, который перемещается по направляющим станины на четырех шариковых подшипниках, что облегчает движение массивной конструкции.

Станки оснащены трехкоординатными суппортами. Движение суппортов по всем координатам может быть ручным,

механическим рабочим и механическим ускоренным. Поворотная верхняя резцовая каретка суппорта также может перемещаться вручную и механически. Фартук закрытого типа со съемной передней крышкой, на которой находятся рукоятки и маховички управления.

Технические характеристики станков мод. 163 и 1М63

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм:	
над станиной	630
над суппортом	350
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	1260
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя, мм	65
Количество скоростей вращения шпинделя	22
Пределы частоты вращения шпинделя, $мин^{-1}$	10…1250
Пределы подач, на один оборот шпинделя, мм:	
продольных	0,064…1,025
поперечных	0,026…0,380
Пределы шага нарезаемой резьбы:	
метрической, мм	1…192
дюймовой, ниток 1″	24…1/4
модульной, модуль	0,5…48
питчевой, питч	96…7/8
Наибольшее перемещение суппорта, мм:	
продольное	1260
поперечное	400
Скорость быстрого перемещения суппорта при 50 Гц / 60 Гц, м/мин:	
продольного	3,6/4,3
поперечного	1,3/1,6
Наибольшее перемещение резцовой каретки, мм	220

Наибольший угол поворота, град.	±90
Наибольшее перемещение пиноли, мм	240
Поперечное смещение, мм	±10
Мощность двигателя главного движения, кВт	13(15)*
Габарит станка (длина х ширина х высота), мм	3530х1680х1290

Кинематика станков мод. 163 и 1М63 (рис. 4.17 и 4.18 соответственно) сходна по своей структуре, различие лишь в передаточных отношениях. Привод главного движения обеспечивает передачу от односкоростного асинхронного двигателя 22 ступеней частот вращения на шпиндель станка; от двигателя к коробке скоростей вращение передается с помощью клиноременной передачи.

В коробке скоростей все шестерни кинематической цепи смонтированы на 10 валах. Подвижные блоки установлены на шлицевых шейках валов. На входном валу I коробки скоростей расположена фрикционная муфта, с помощью которой осуществляется пуск, остановка и включение обратного хода. Торможение шпинделя производится автоматически в момент выключения фрикционной муфты при помощи электромагнитной муфты, расположенной на валу X.

На VII валу коробки скоростей находится блок звена увеличения шага, передающий движение системе передач коробки подач. С помощью этого звена увеличить шаг нарезаемой резьбы можно в 4 или 16 раз. От вала XVI коробки подач вращение передается ходовому валу XVII, от которого через пару шестерен $\frac{30}{45}\left(\frac{36}{66}\right)^{*}$ движение передается на вал XVIII фартука.

Система зубчатых колес фартука с помощью муфт распределяет движение или на вал XX, на котором находится реечная шестерня для продольной подачи суппорта, или на винт

*Значения, представленные в скобках, относятся к станку мод. 1М63.

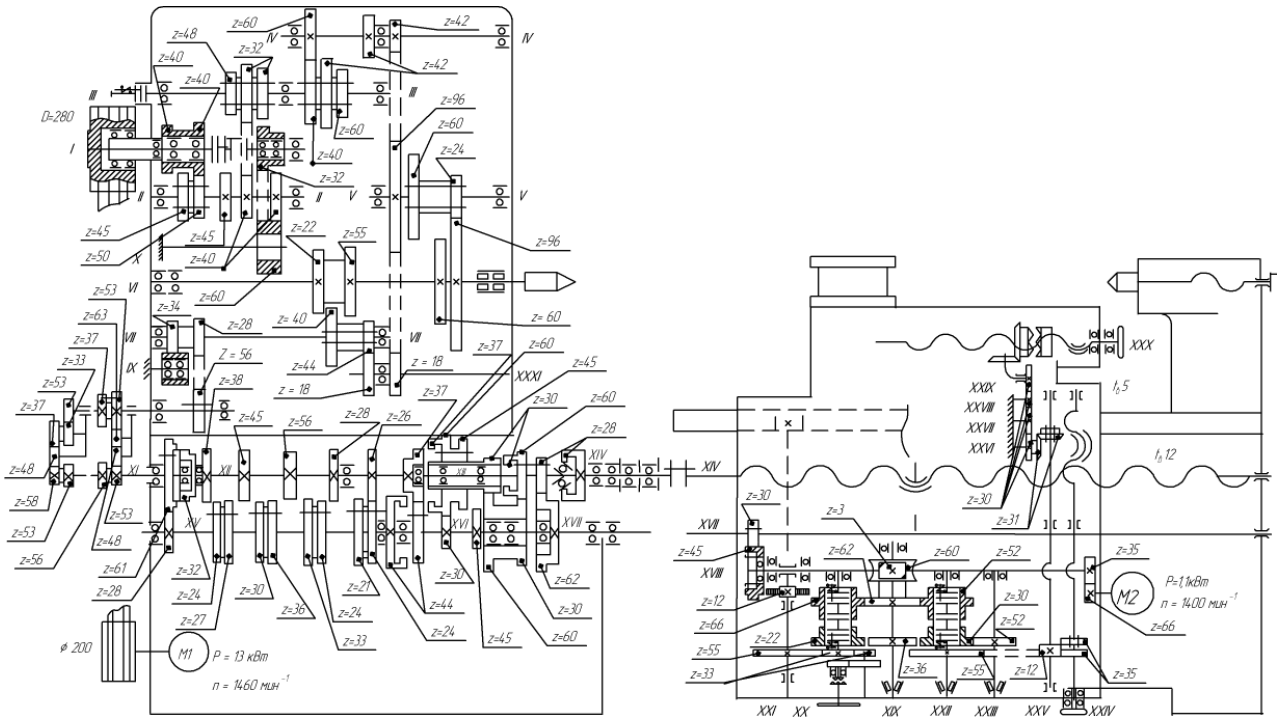


Рис. 4.17. Кинематическая схема станка мод. 163

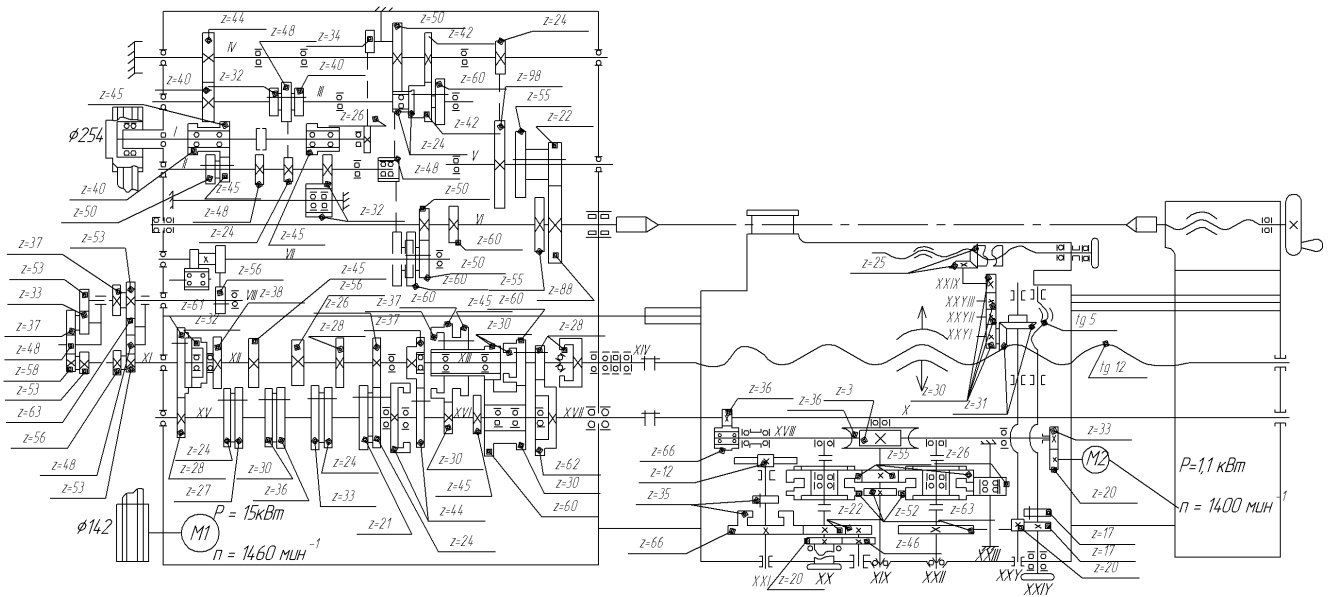


Рис. 4.18. Кинематическая схема станка мод. 1М63

XXIV поперечной подачи, или через вал XXV на винт XXX подачи резцовой каретки.

Ходовой винт XIV жестко соединен с валом XXIII коробки подач; включение ходового винта производится зубчатой муфтой. Включение ходового винта и вала сблокировано.

Быстрая подача суппортов осуществляется от двигателя мощностью 1,1 кВт через пару $\frac{66}{35}\left(\frac{20}{33}\right)^{*}$.

Шпиндельные узлы станков мод. 163 и 1М63 представлены на рис. 4.19 и 4.20 соответственно (номера позиций станков на обоих рисунках совпадают). Шпиндельные узлы обоих станков сходны по функциональному назначению отдельных деталей и узлов, но при этом некоторые из них отличаются по конструкции. Передняя опора шпинделя I типовая и образована радиальным двухрядным роликовым подшипником 2 с коническим внутренним кольцом типа 3182100.

В станке мод. 163 (см. рис. 4.19) базирование подшипника осуществляется по внутреннему кольцу с посадкой на коническую шейку шпинделя и по переднему торцу с упором на дистанционное кольцо 3, состоящее для удобства монтажа из двух полуколец, упирающихся в бурт шпинделя. Полукольца в радиальном направлении удерживаются гайкой 4. В осевом направлении внутреннее кольцо подшипника воспринимает усилие натяга от гайки 5 через кольцо 6. Положение гайки 5 фиксируется стопором 7 и стопорной шайбой, усик которой входит в паз кольца 6. Наружное кольцо подшипника 2 установлено в расточке передней стенки корпуса шпиндельной бабки и зафиксировано с одной стороны пружинной шайбой 8.

Задняя опора образована радиально-упорным шарикоподшипником 9 и упорным шарикоподшипником 10, положение которого в осевом направлении определяется дистанционным кольцом 11, установленным с упором в бурт шпинделя. Радиально-упорный подшипник 9 базируется по шейке шпинделя и торцу наружного кольца, которое упирается в выступ фланца 12. Натяг подшипника создается гайкой 13 со стопором

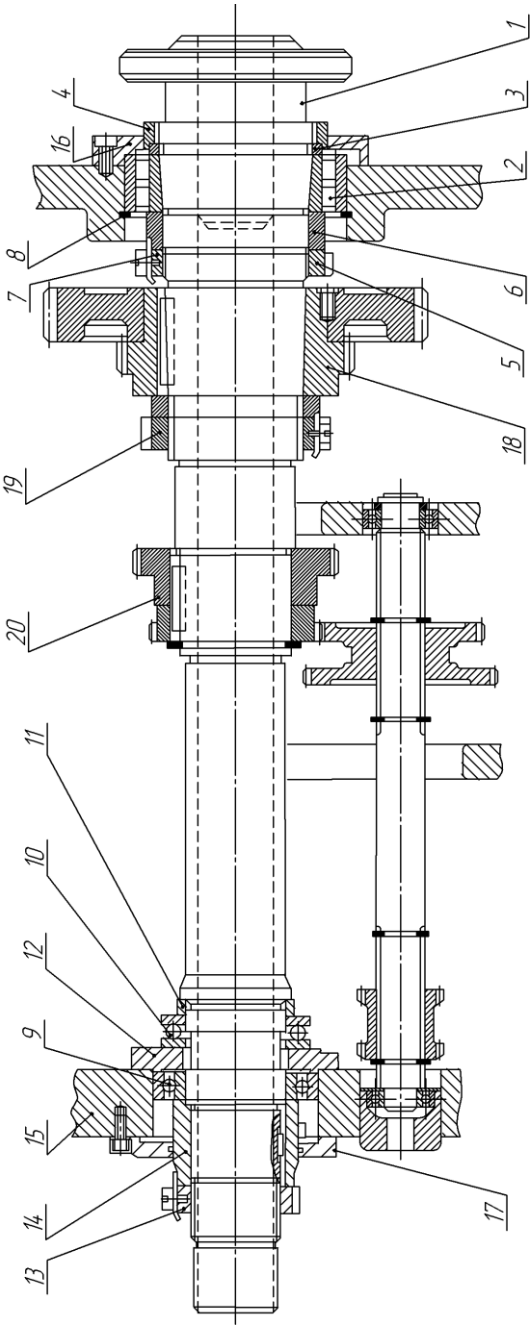


Рис. 4.19. Шпиндельный узел станка мод. 163

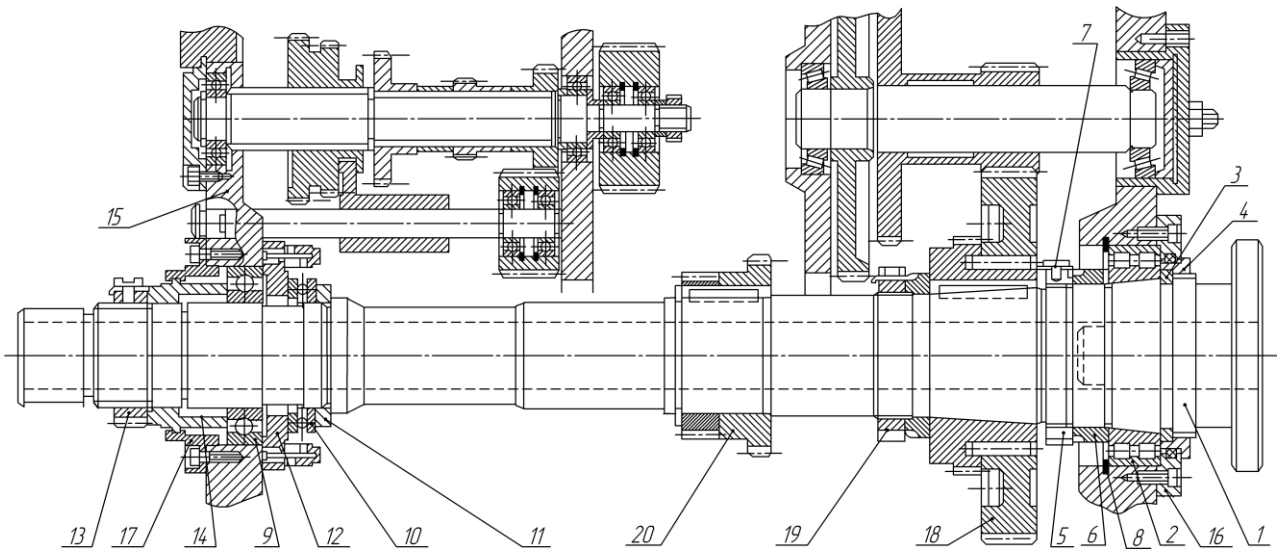


Рис. 4.20. Шпиндельный узел станка мод. 1М63

через жесткую длинную втулку 14. Наружное кольцо подшипника 9 установлено в расточке задней стенки корпуса шпиндельной бабки 15.

Передний фланец 16 и задний фланец 17 служат для защиты опор от загрязнения и задержки смазки.

Двухвенцовое зубчатое колесо 18 привода шпинделя установлено с натягом на конической шейке шпинделя, и положение его зафиксировано шпонкой и гайкой 19 через промежуточное кольцо. Двухвенцовый блок 20 относится к звену увеличения шага привода подач. Положение блока 20 зафиксировано шпонкой и пружинным кольцом.

Шпиндельный узел станка мод. 1М63 (см. рис. 4.20) усовершенствованной конструкции и отличается от предыдущего способами базирования опор.

В передней опоре подшипник 2 базируется как по внутреннему, так и по наружному кольцу. Базирование внутреннего кольца такое же, как и у станка мод. 163, а наружное кольцо базируется передним торцом по выточке переднего фланца 16. В задней опоре установлен температурный компенсатор: вместо жесткой конструкции использована тонкостенная втулка 14. Кроме того, усложнена форма лабиринта фланца 17 и втулки 14, что улучшило защиту от загрязнения и задержку смазки опоры.

Механизмы поперечной подачи и подачи резцовой каретки суппорта станка мод. 163 (рис. 4.21) смонтированы на салазках 1 продольного суппорта. Салазки 2 поперечного суппорта перемещаются по направляющим салазок 1 с помощью гайки 3, корпус которой закреплен на салазках 2 суппорта поперечной подачи. Ходовой винт 4 установлен на опорах скольжения 5 и 6; осевые нагрузки на винт 4 от усилия резания воспринимаются упорным подшипником 7. Вращение на винт передается через шестерню 8 или подвижную шестерню 9. Механизм 10 служит для ручного перемещения поперечного суппорта. Уплотнение 11 и щитки 12 защищают подвижные части механизма подач от загрязнения.

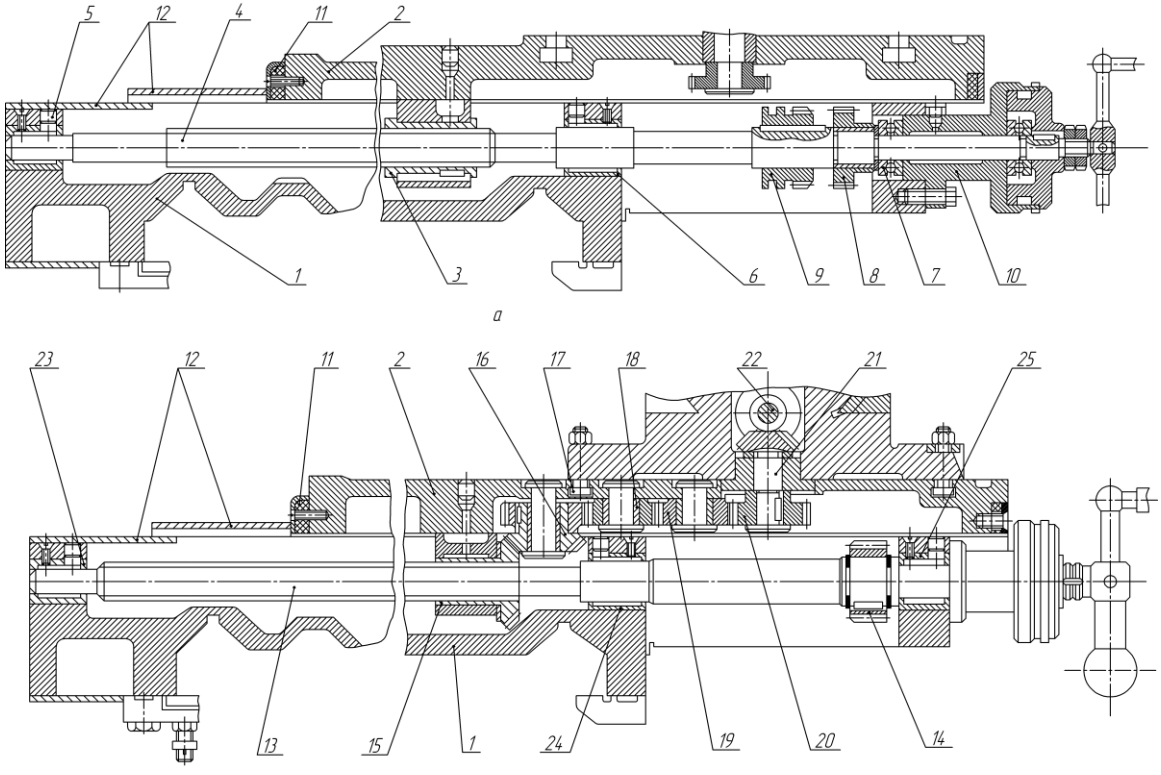


Рис. 4.21. Механизмы подачи станка мод. 163:
а – механизм поперечной подачи; *б* – механизм подачи резцовой каретки

Привод подачи резцовой каретки (рис. 4.21, *б*) состоит из вала 13 с приводной шестерней 14, конических колес 15 и 16, четырех цилиндрических колес 17, 18, 19, 20, вала-шестерни 21 и ходового винта 22. Шлицевой вал 13 установлен параллельно ходовому винту 4 (рис. 4.21, *а*) на трех подшипниках скольжения 23, 24 и 25.

Резцовая каретка 1 станка мод. 163 (рис. 4.22) перемещается по направляющим платформы 2, смонтированной на салазках 3 поперечного суппорта, которые, в свою очередь, перемещаются по направляющим салазок 4 продольного суппорта. Направляющие салазок 3 суппорта – типа «ласточкин хвост». Зазор в направляющих устанавливается с помощью планки 5. Каретка 1 перемещается винтовой парой с ходовым винтом 6, который установлен на опоре скольжения 7. Осевые нагрузки от усилия резания воспринимаются упорными подшипниками 8 и 9. Подшипники 7 и 8 размещены в отверстии кронштейна 10 каретки. От осевого смещения подшипник 8 ограничен пружинной шайбой 11. Подшипник 9 установлен между торцами подшипника 7 и втулки 12, рабочий зазор регулируется гайками 13. Второй опорой винта 6 служит ходовая гайка 14, которая закреплена в корпусе 2 поперечного суппорта. В этом же корпусе смонтирована приводная часть ходового винта, которая состоит из вала-шестерни 15, конической шестерни 16 и муфты 17. Опорная часть вала-шестерни 15 размещена во втулке 18, которая одновременно служит осью поворотной каретки 1. Ступица шестерни 16 при отключенной муфте 17 может свободно вращаться в подшипнике скольжения 19. При этом перемещение каретки 1 может осуществляться вручную. На верхней части каретки установлен резцедержатель 20.

На рис. 4.23 и 4.24 представлены конструкции тяговых устройств приводов салазок поперечного суппорта и резцовой каретки станка мод. 1М63. В отличие от ранее рассмотренных конструкций, ходовой винт поперечной подачи (см. рис. 4.21) имеет ограничитель хода 2 поперечного суппорта. В конструкции резцовой каретки (см. рис. 4.24) более технологично

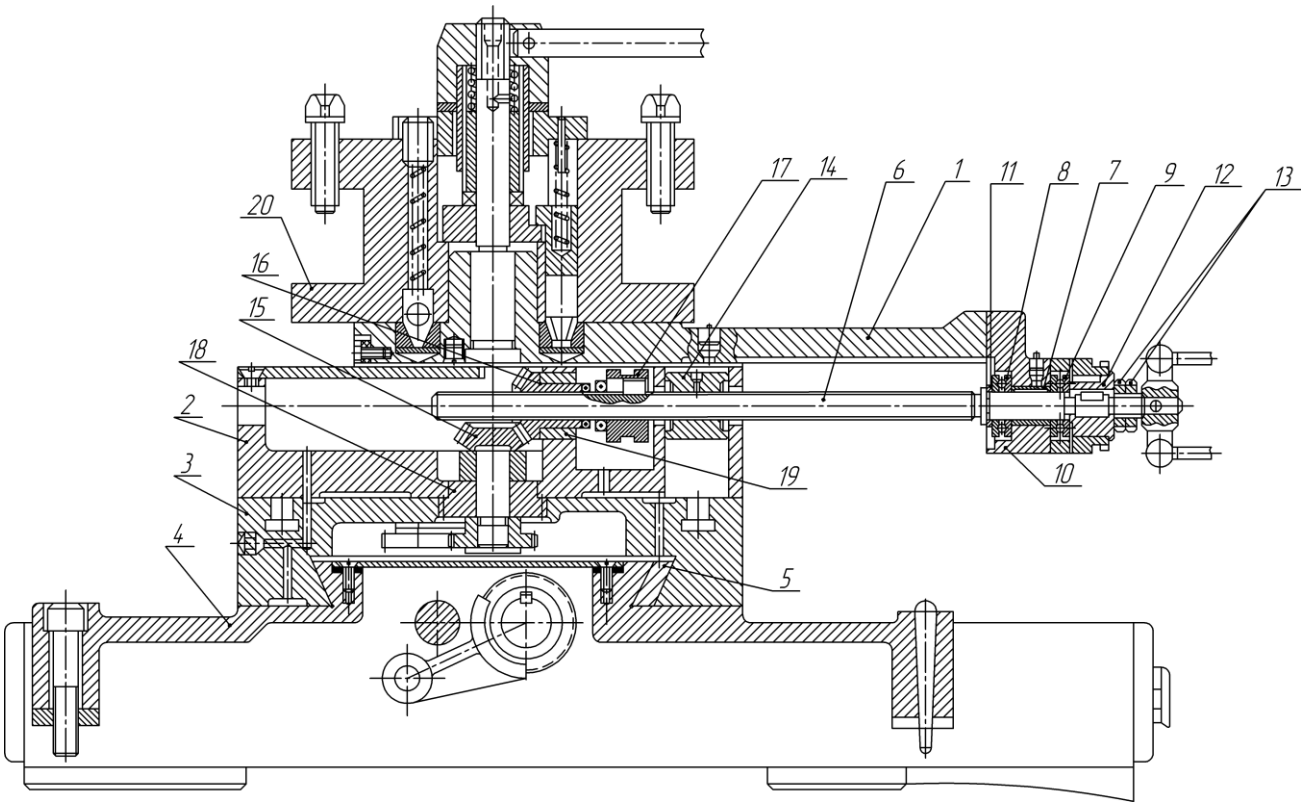


Рис. 4.22. Резцовая каретка станка мод. 163

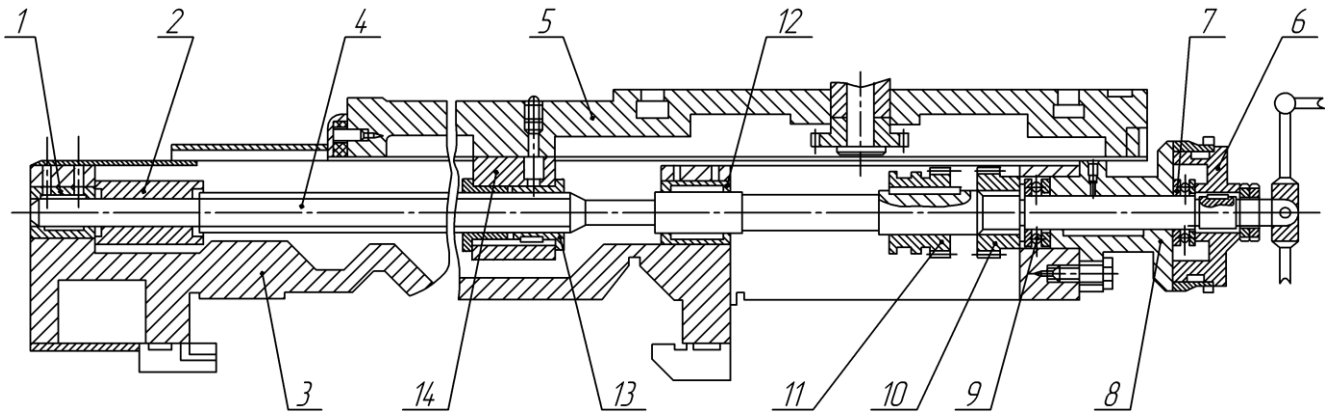


Рис. 4.23. Ходовой винт поперечной подачи станка мод. 1М63:
1 – подшипник скольжения; 2 – ограничитель хода; 3 – салазки продольного суппорта; 4 – ходовой винт; 5 – салазки поперечного суппорта; 6 – механизм ручного перемещения; 7, 9 – упорный шарикоподшипник; 8 – подшипник скольжения;
10 – приводная шестерня; 11 – подвижная шестерня; 12 – подшипник скольжения;
13 – гайка; 14 – корпус гайки

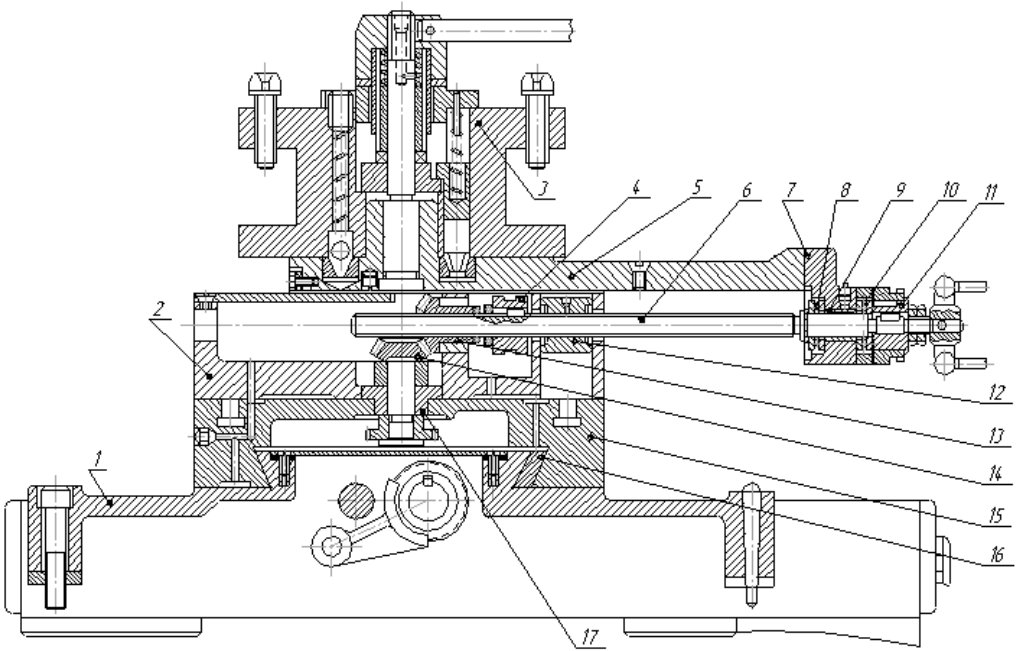


Рис. 4.24. Резцовая каретка станка мод. 1М63

1 – продольный суппорт; 2 – поворотная платформа; 3 – резцедержатель; 4 – муфта; 5 – каретка; 6 – ходовой винт; 7 – кронштейн; 8, 10 – упорный шарикоподшипник; 9 – подшипник скольжения; 11 – втулка; 12 – гайка; 13 – коническая шестерня; 14 – вал-шестерня; 15 – салазки; поперечного суппорта; 16 – планка; 17 - втулка

выполнена поворотная часть: отверстие в поворотной платформе сквозное, без ступеней, а бурт втулки 17 расположен сверху, а не снизу (см. рис. 4.22).

Конструкция более технологична в изготовлении деталей и сборке.

4.1.5. Токарно-револьверный станок мод. 1К341

Токарно-револьверные станки применяют в серийном многономенклатурном производстве для изготовления деталей сложной конфигурации из прутков и штучных заготовок.

Основной особенностью револьверных станков является наличие однокоординатного (продольного) суппорта с многопозиционной инструментальной револьверной головкой на горизонтальной или вертикальной оси вращения. Станки с вертикальной осью вращения револьверной головки, как правило, оснащают и поперечным суппортом с резцедержателем для отрезного или прорезного резца. На станках с горизонтальной осью вращения револьверной головки поперечная подача режущего инструмента круговая и осуществляется вращением револьверной головки.

Револьверные станки позволяют производить обработку сложных деталей значительным числом различных инструментов, настроенных на определенный размер. Использование специальной технологической оснастки значительно повышает производительность станка за счет параллельной обработки различных поверхностей. После каждого рабочего хода револьверная головка поворачивается и рабочую позицию занимает группа инструментов или один инструмент, настроенные на следующий вид обработки.

Токарно-револьверный станок мод. 1К341 нормальной точности, имеет однокоординатный суппорт и шестипозиционную револьверную головку с горизонтальной осью вращения. Для ограничения продольного перемещения, автоматического выключения подачи станок оборудован упорами на 16 позициях. На шпинделе устанавливается цанговый или кулачковый патрон.

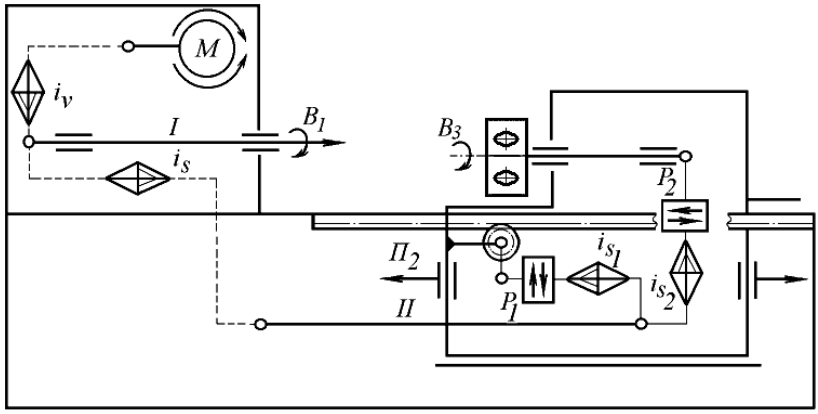
Технические характеристики
токарно-револьверного станка мод. 1К341

Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	40
Наибольшая длина прутка, мм	3000
Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной, мм	400
Наибольшая подача прутка, мм	100
Расстояние от переднего торца шпинделя до револьверной головки, мм:	
наименьшее	22
наибольшее	630
Число частот вращения шпинделя	8
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	60…2000
Число подач револьверного суппорта:	
продольных	7
поперечных (круговых)	6
Пределы подач револьверного суппорта, на один оборот шпинделя, мм:	
продольных	0,03…2,00
поперечных (круговых)	0,02…0,60
Мощность электродвигателя, кВт	5,5

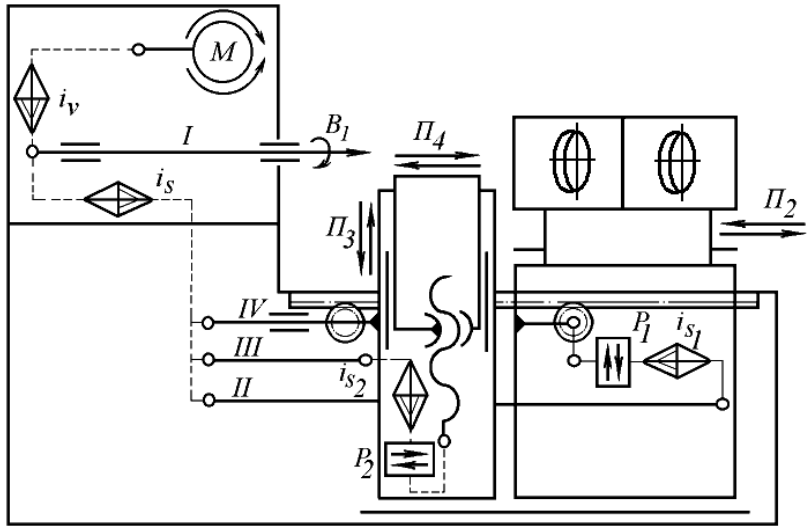
Кинематика токарно-револьверных станков отличается от кинематики токарно-винторезных станков упрощенными кинематическими связями и отсутствием сложной кинематической винторезной группы.

На рис. 4.25*, а* представлена структурная кинематическая схема токарно-револьверного станка с горизонтальной осью вращения револьверной головки, а на рис. 4.25, *б* – структурная кинематическая схема токарно-револьверного станка с вертикальной осью вращения револьверной головки.

У обоих станков привод главного движения и движения подач совмещенный и имеет один реверсивный двигатель. Органом управления по скорости главного движения i_v служит коробка скоростей, в которой смонтирован шпиндельный узел.



а



б

Рис. 4.25. Структурные кинематические схемы токарно-револьверных станков с горизонтальной (*а*) и вертикальной осью вращения (*б*)

На коробку подач вращение передается от шпинделя I. Распределение кинематических цепей на разные направления подачи осуществляется в фартуке, передачи которого связаны с коробкой подач ходовым валом II. Продольный суппорт получает движение $П_2$ через зубчато-реечную пару, рейка которой закреплена на станине.

На револьверном станке с горизонтальной револьверной головкой (см. рис. 4.25, *а*) круговая подача $В_3$ осуществляется поворотом револьверной головки.

Револьверный станок с вертикальной револьверной головкой (см. рис. 25, *б*) имеет поперечный суппорт, на который движение подач передается ходовыми валами II и IV.

От ходового вала III через кинематическую цепь с органом настройки i_{s2} и реверсивный механизм $Р_2$ вращение передается на ходовой винт подачи $П_3$. Продольная подача поперечного суппорта $П_4$ осуществляется по кинематической цепи: вал IV – зубчатое реечное колесо, которое работает в паре с рейкой продольной подачи револьверного суппорта.

На рис. 4.26 представлена кинематическая схема станка мод. 1К341.

Главное движение в станке – вращение шпинделя - имеет восемь ступеней частот вращения и обеспечивается многоступенчатой четырехваловой коробкой скоростей от двигателя мощностью 5,5 кВт. Привод станка (см. рис. 4.26) совмещенный – коробка скоростей размещается в шпиндельной бабке 1. Управление частотой вращения шпинделя осуществляется с помощью электромагнитных муфт, расположенных на II, III, IV валах коробки скоростей. Реверсирование шпинделя осуществляется электродвигателем.

Многоступенчатая коробка подач размещается в одном корпусе с коробкой скоростей и обеспечивает передачу движения от зубчатого колеса ($Z = 40$), установленного на шпинделе, на ходовой вал X с помощью зубчатых блоков, переключаемых электромагнитными муфтами на валах VIII и IX.

По направляющим станины 2 перемещается суппорт 3 с револьверной головкой 4. Суппорт получает движение от пере-

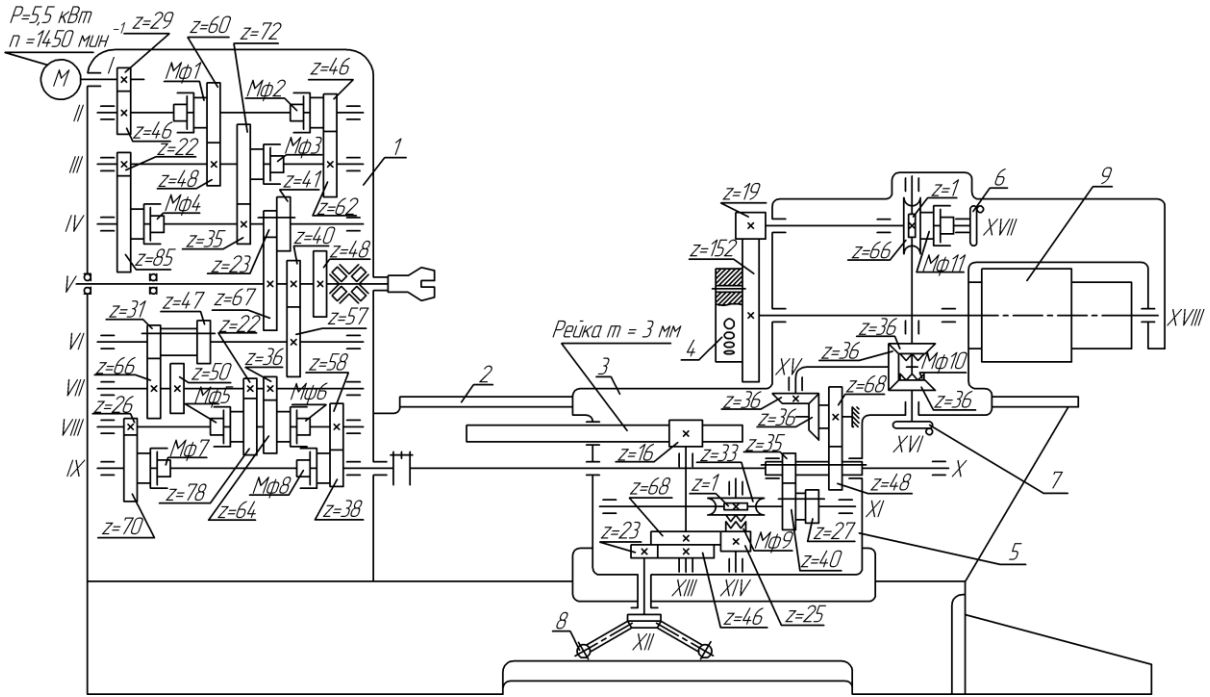


Рис. 4.26. Кинематическая схема токарно-револьверного станка мод. 1К341

дачи, размещенной в фартуке 5, по кинематической цепи от подвижного блока (Z = 35; Z = 48), установленного на ходовом валу X, через червячную пару $\frac{1}{33}$, зубчатую пару $\frac{25}{68}$ и реечное колесо (Z = 16), смонтированное на суппорте.

Круговая подача револьверной головки осуществляется от подвижного блока на ходовом валу через коническую пару и конический реверсивный механизм (Z = 36; Z = 36; Z = 36), затем червячную пару $\frac{1}{66}$ и зубчатую передачу $\frac{19}{152}$. Для настройки станка или выполнения единичных операций используют ручное управление маховичками 6, 7 и штурвалом 8. На противоположном от револьверной головки конце вала XVIII находится 16-типозиционный командоаппарат 9 для автоматического переключения подачи и поворота револьверной головки.

Конструкция шпиндельной бабки станка мод 1К341 со шпиндельным узлом (развертка) представлена на рис. 4.27. Шпиндельная бабка имеет традиционную для токарных станков конструкцию. Двухопорный шпиндельный узел установлен с предварительным натягом подшипников.

Передняя опора образована двухрядным роликовым подшипником с коническим внутренним кольцом, установленным с натягом на конической шейке шпинделя 1. Подшипник 2 установлен с заглублением переднего торца в расточенном отверстии корпуса шпиндельной бабки 3 с базированием наружного кольца на торец переднего фланца 4, а внутреннее кольцо базируется передним торцом по кольцу 5, положение которого регулируется винтами 6. Натяг подшипника осуществляется гайкой 7 через ступицы зубчатых колес. Задняя опора образована радиально-упорным шарикоподшипником 8, установленным в корпусе 9, который закреплен в отверстии корпуса шпиндельной бабки. Подшипник 8 базируется по цилиндрической шейке шпинделя. Натяг подшипника регулируется гайкой 10 через кольцо-лабиринт 11. Осевая нагрузка, действующая на

шпиндель, воспринимается упорным шарикоподшипником 12 через

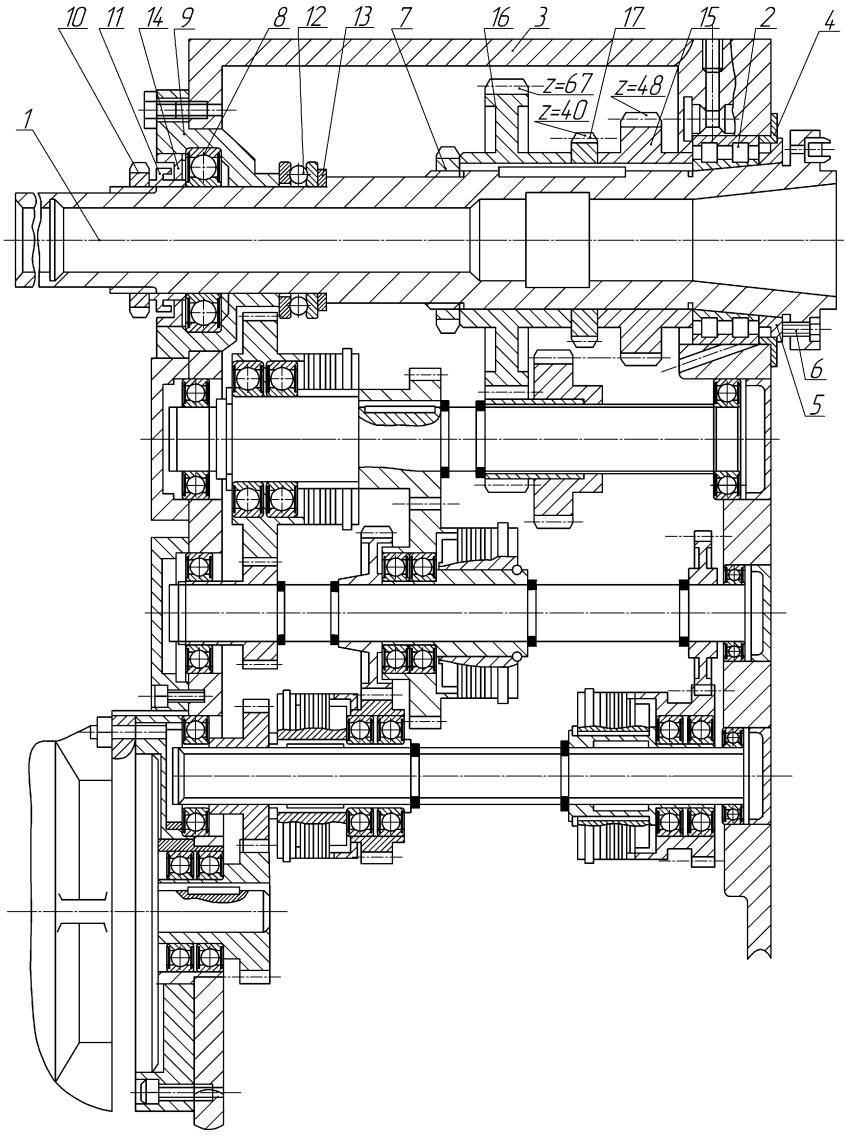


Рис. 4.27. Шпиндельная коробка станка мод. 1К341

дистанционное кольцо 13. Фланец 14 защищает заднюю шпиндельную опору от загрязнения. Зубчатые колеса 15 и 16 – конечное звено привода шпинделя. Зубчатое колесо 17 – начальное звено кинематической цепи привода подач.

Револьверный суппорт станка мод. 1К341 состоит из коробчатого корпуса, нижняя часть которого представляет собой салазки с направляющими для перемещения по станине станка. В корпусе смонтированы вал с револьверной головкой, установленный на опорах качения, барабан упоров, командоаппарат и привод круговой подачи револьверной головки. Разрез револьверного суппорта по валу представлен на рис. 4.28. Револьверная головка 1 с гнездами для установки инструмента или инструментальных оправок закреплена на ступице шестерни 2, установленной на валу 3. Опорами вала служат два радиально-упорных подшипника 4 и 5, установленные в отверстиях корпуса 6. Подшипники закрыты уплотнительными кольцами 7, 8 и 9. На конце вала 3 закреплен барабан 10 с 16-ю упорами (по числу инструментальных гнезд в револьверной головке). Упоры 11 закреплены в корпусе 12 винтами 13 и 14. Положение упоров регулируется в зависимости от размера обработки.

С барабаном упоров связан барабан 15 командоаппарата, в пазах которого размещаются регулируемые кулачки 16. В корпусе командоаппарата 17 вмонтированы пять конечных выключателей 18, управляющих электромагнитными муфтами коробок скоростей и подач.

Привод круговой (поперечной) подачи револьверной головки представлен на рис. 4.29. Корпус 1 револьверного суппорта перемещается по призматическим направляющим станины 2. Вал револьверной головки 3 размещается в опорной части корпуса 1. В консольной части корпуса размещается приводной вал-шестерня 4 с червячным колесом 5. От вертикального вала 6 фартука на приводной вал-шестерню 4 вращение передается через коническую шестерню 7, установленную на

двух опорах, состоящих из радиальных шарикоподшипников 8. Далее, через реверсивный механизм вращение передается на вал 9 и червяк 10, установленный на валу. Реверсивный меха-

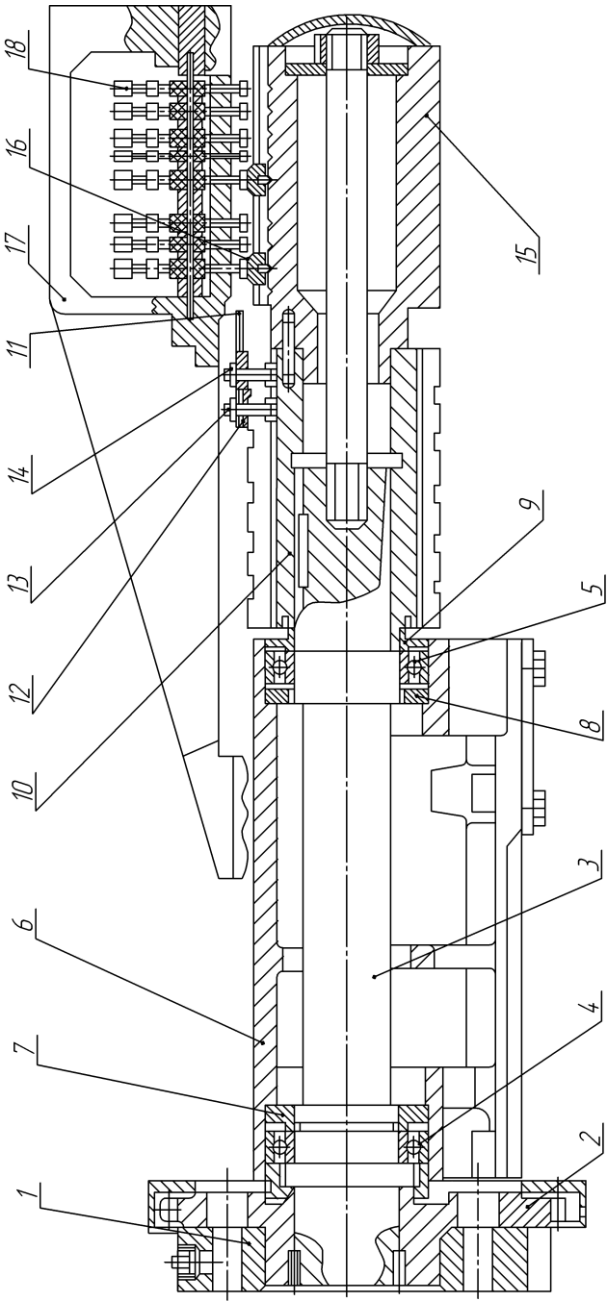


Рис. 4.28. Револьверный суппорт токарно-револьверного станка мод. 1К341

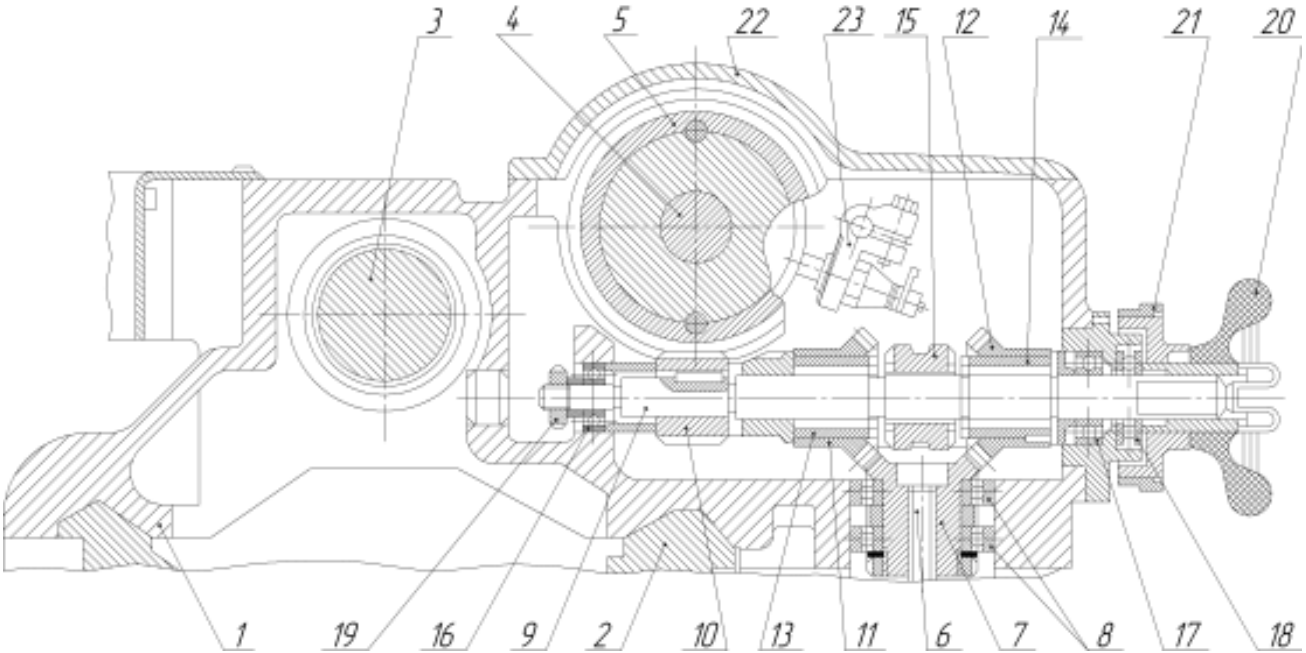


Рис. 4.29. Привод круговой подачи револьверной головки станка мод. 1К341

низм состоит из двух конических шестерен 11и 12, в которых запрессованы кулачковые втулки 13 и 14 кулачковой муфты 15, установленной на шлицевой шейке вала 9. Опорами вала 9 служат три шарикоподшипника: упорно-радиальный 16, радиально-упорный 17 и упорный 18. Натяг подшипников осуществляется гайкой 19. Маховик 20 с лимбом 21 предназначен для ручной подачи револьверной головки. Для ограничения круговой подачи служит выдвижной упор 23. Крышка 22 закрывает полость корпуса с размещенным в нем механизмом подачи.

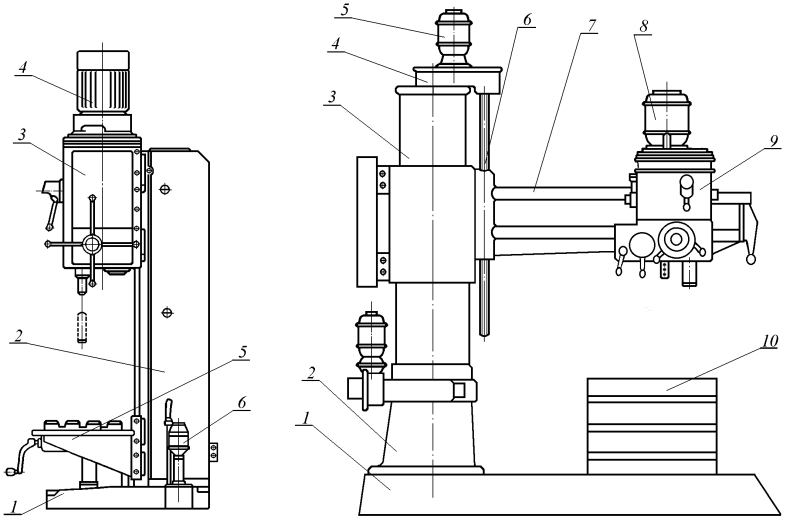
4.2. Сверлильные станки

Сверлильные станки с ручным механическим управлением используются на предприятиях с единичным и мелкосерийным производством продукции. На станках можно выполнять различные операции, используя стержневой инструмент типа сверл, разверток, зенкеров, зенковок, метчиков и др. Характерной особенностью сверлильных станков является наличие механического вращательного и осевого поступательного движений шпинделя. Относительно большой диапазон частот вращения шпинделя определяет возможность обработки деталей, различных по размерам, конструкционным и инструментальным материалам.

По компоновке сверлильные станки делятся на два типа: вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные.

Типовая компоновка вертикально-сверлильного станка представлена на рис. 4.30, *а*. Основание 1 служит опорой для стойки 2 и, в большинстве конструкций станков, резервуаром для СОЖ. В верхней части стойки 2 установлена сверлильная (шпиндельная) головка 3 с приводом 4, коробками скоростей и подач.

В нижней части стойки 2, по направляющим, вручную, с помощью винтового механизма, перемещается стол 5. Стол и сверлильную головку вручную перемещают при настройке станка на определенную операцию обработки. Электронасос 6 предназначен для подачи СОЖ в зону сверления.



а *б*

Рис. 4.30. Компоновка вертикально-сверлильного (*а*) и радиально-сверлильного (*б*) станков

Радиально-сверлильные станки предназначены для обработки небольших отверстий в крупногабаритных заготовках.

Компоновка радиально-сверлильного станка, представленного на рис. 4.30, *б*, отличается от предыдущей наличием поворотной колонны и рукава, по которому в системе полярных координат перемещается сверлильная головка. Основание 1 станка служит фундаментной плитой, на которой может быть свободно установлен стол 10 или заготовка. На верхней и боковой поверхностях стола имеются пазы для закрепления детали. Поворотная колонна 3 установлена в цоколе 2. По колонне перемещается рукав 7. По направляющим рукава вручную перемещают сверлильную головку 9 с приводом 8, коробками

скоростей и подач. Вертикальное настроечное движение рукава по колонне осуществляется с помощью винта 6, получающего вращение от двигателя 5 с помощью механизма 4.

По конструкции радиально-сверлильные станки подразделяются на стационарные и переносные для обработки отверстий в заготовках больших габаритов; при этом станки переносятся к заготовке подъемным краном или перемещаются на самоходных тележках. Тележки со станком закрепляются в местах обработки с помощью башмаков.

Кинематика сверлильных станков обеспечивает получение двух формообразующих движений: главного вращательного B_1 и поступательного движения подачи $П_2$. Они обеспечиваются двумя простыми кинематическими группами: $Ф_V(B_1)$ и $Ф_S(П_2)$ (рис. 4.31).

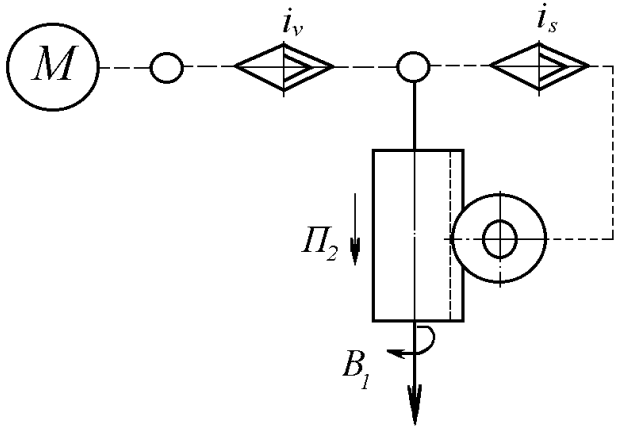


Рис. 4.31. Кинематическая структура сверлильного станка

Формообразование при сверлении, развертывании и зенкеровании происходит методом двойного следа; подрезание торца цековкой, зенкование фасок, нарезание резьбы метчиком – методами следа и копирования.

Конструктивно сверлильные (шпиндельные) головки однотипны для всех сверлильных станков. В качестве представителя группы сверлильных станков выбран вертикально-сверлильный мод. 2Н135.

Техническая характеристика
вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135

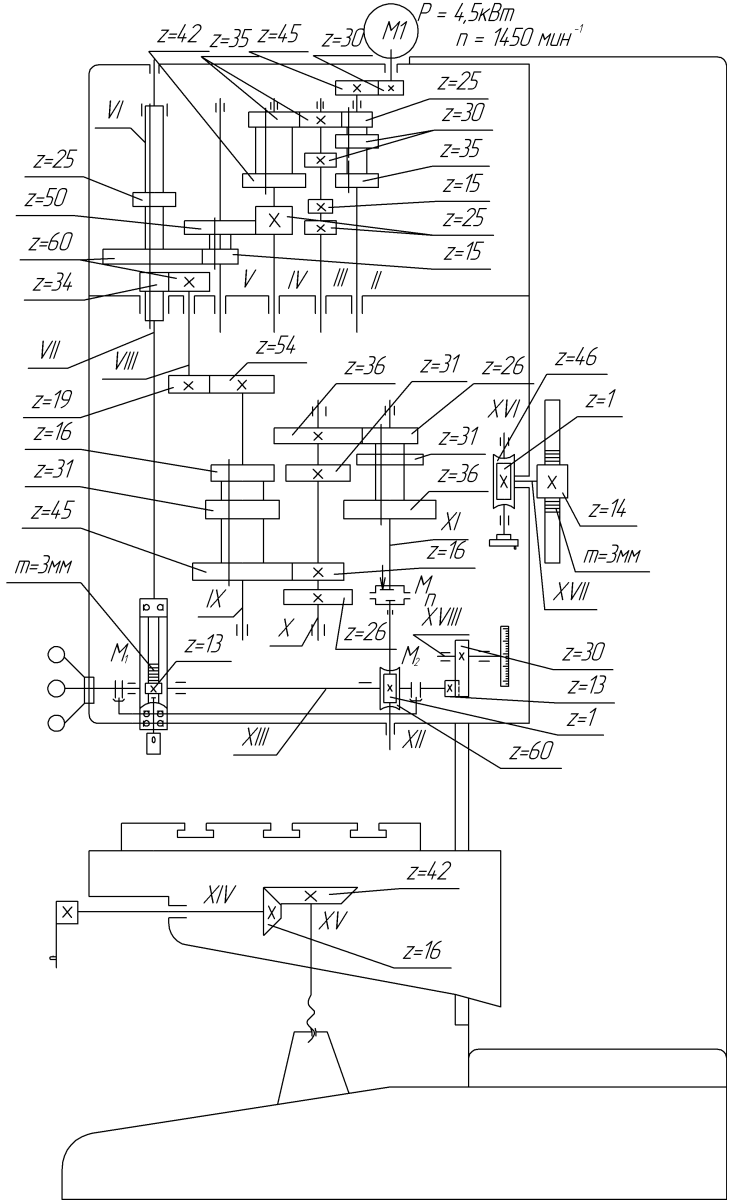
Наибольший диаметр сверления, мм	35
Конус шпинделя	Морзе 4
Наибольшее осевое перемещение шпинделя, мм	250
Вылет шпинделя, мм	300
Расстояние от конца шпинделя до стола, мм	30…750
Число частот вращения шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	31,5…1400,0
Подача, на один оборот шпинделя, мм	0,1…1,2
Число ступеней подач	9
Мощность электродвигателя, кВт	4,5
Частота вращения вала электродвигателя, мин$^{-1}$	1450

Кинематическая схема станка мод. 2Н135 представлена на рис. 4.32. От вертикально расположенного двигателя через зубчатую передачу $\frac{30}{45}$ движение передается на вал II коробки скоростей, в которой с помощью одного тройного и двух двойных подвижных зубчатых блоков на шпиндель передается 12 ступеней частот вращения. Вал VI коробки скоростей представляет собой полую гильзу, имеющую шлицевое отверстие, в которое шлицевым концом входит шпиндель.

Кинематическая цепь коробки подач берет начало от зубчатого колеса с числом зубьев $Z = 54$. Трехваловая коробка подач имеет два тройных подвижных блока, с помощью которых выходной вал XI получает девять частот вращения. С вала XI через предохранительную муфту $М_п$ вращение передается валу XII. От червячной пары $\frac{1}{60}$ и зубчато-реечной передачи, рейка которой находится на гильзе шпинделя, поступательное дви-

жение подачи сообщается шпинделю. Механизм подачи предназначен для выполнения следующих функций:

- ручного подвода инструмента к детали;
- включения и выключения рабочей подачи;
- ручного отвода шпинделя вверх;
- ручной подачи, используемой при нарезании резьбы.



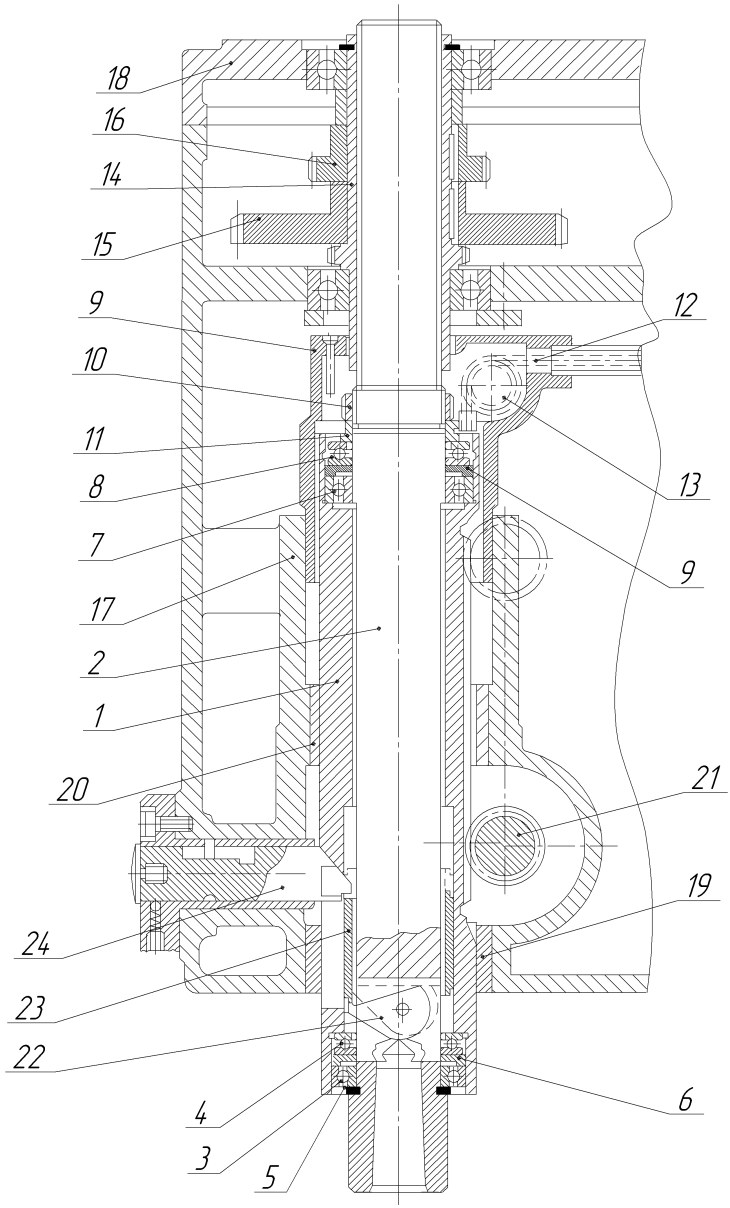
4.32. Кинематическая схема станка мод. 2Н135

Особенности работы механизма подачи заключаются в следующем: при вращении штурвала включается кулачковая муфта M_1, которая через муфту M_2 вращает вал XIII реечного механизма перемещения шпинделя. При этом через зубчатую пару $\frac{13}{30}$ вращение передается также на лимб отсчета величины перемещения шпинделя. Когда инструмент коснется детали, на вале XIII возникает крутящий момент, от которого кулачковая муфта M_1 отключается, а муфта M_2, включаясь с помощью храпового механизма, вращает червячное колесо ($Z = 60$). В результате вращение от червяка передается на реечную шестерню, что обеспечивает механическую подачу шпинделя. Механизм подачи допускает ручную подачу шпинделя. Для этого на штурвале имеется механизм выключения механической подачи, при выключении которой крутящий момент через кулачковую муфту M_1 передается на вал XIII.

Для ручного настроечного перемещения сверлильной головки по направляющим стойки служит зубчатый червячно-реечный механизм с червячной парой $\frac{1}{46}$ и зубчато-реечной передачей с реечным колесом $Z = 14$.

Шпиндельный узел станка мод. 2Н135 расположен в подвижной гильзе 1 (рис. 4.33). Передняя опора шпинделя 2 образована радиальным 3 и упорным 4 шарикоподшипниками. Радиальный подшипник базируется по цилиндрической шейке шпинделя. От осевого смещения подшипник предохраняет пружинное кольцо 5. Наружное кольцо подшипника 3 базируется в отверстии гильзы 1, торцом подшипниковое кольцо упирается в дистанционное кольцо 6 и через упорный шарикоподшипник 4 - в уступ гильзы.

Задняя опора шпинделя также образована радиальным 7 и упорным 8 подшипниками. Торец наружного кольца подшипника 7 упирается в уступ гильзы. Регулировка в подшипнике рабочего зазора осуществляется гайкой 10 через втулку 11, которая имеет проушину для закрепления цепи 12 противовеса. Цепь поддерживается звездочкой 13. Пружинный противовес



4.33. Шпиндельный узел вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135

компенсирует массу шпиндельного узла и обеспечивает свободное осевое перемещение шпинделя при настройке (вручную) и при обработке с механической подачей.

Верхний конец шпинделя 2 имеет шлицевое соединение с полым валом-шестерней 14 и зубчатыми колесами 15 и 16 привода от коробки скоростей. Зубчатый венец вала-шестерни обеспечивает передачу движения на коробку подач. Опорами вала-шестерни 14 служат радиальные шарикоподшипники, установленные в отверстиях корпуса 17 и крышки 18 шпиндельной головки. Корпус представляет собой чугунную отливку коробчатой формы, в которой смонтированы все узлы привода станка. Гильза 1 шпинделя 2 свободно перемещается в осевом направлении в подшипниках скольжения 19 и 20.

С одной стороны вдоль гильзы 1 нарезана рейка зубчато-реечного механизма подачи с реечным колесом 21. В нижней части шпинделя смонтирован механизм выбивки отработавшего инструмента, который состоит из кулачка 22, обоймы 23 и упора 24. Выбивка происходит при подъеме шпинделя штурвалом: обойма 23 упирается в упор 24 и кулачек 22, поворачиваясь вокруг оси, выбивает инструмент.

Механизм вертикальной подачи шпинделя смонтирован в корпусе 1 сверлильной головки (рис. 4.34). На боковой стенке корпуса имеются направляющие типа «ласточкин хвост» для ручного настроечного перемещения головки по направляющим колонны 2. Зазор в направляющих регулируется планкой 3. Головка перемещается с помощью ручного червячно-реечного механизма с червячным колесом 4.

Механизм подачи, получающий движение от выходного вала XII коробки подач (см. рис. 4.32), состоит из червячной передачи с колесом 5. В свою очередь, колесо 5 связано с валом-шестерней 6 через храповой механизм с дисками 7, 8, собачкой 9 и зубчатой обгонной полумуфтой 10. Реечная шестерня вала-шестерни 6 находится в зацеплении с рейкой, нарезанной на гильзе шпинделя 11. Включение механизма подачи осуществляется перемещением штурвала 12, который поворачивает кулачковую муфту 13, связанную с полумуфтой 10. По-

лумуфта 10 передает вращение на вал-шестерню 6 – происходит ручная подача шпинделя. Когда инструмент подойдет к детали, на валу-шестерне возникает крутящий момент, вызывающий проскакивание зубцов муфты 13 по полумуфте 10 и перемещение полумуфты 10 по валу-шестерне 6, до тех пор, пока зубцы полумуфты 10 и муфты 13 не встанут друг против друга, при этом поворот муфты 13 ограничивается штифтом 14.

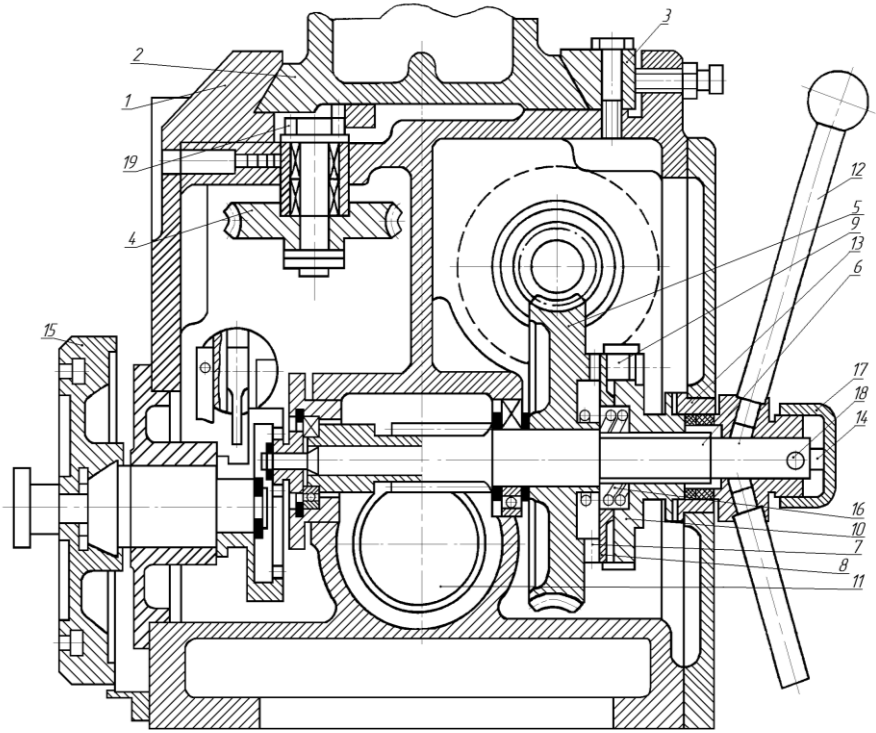


Рис. 4.34. Механизм вертикальной подачи шпинделя вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135

Установленный на полумуфте 10 двусторонний храповой диск 8 связан с ней собачками 9. При перемещении полумуфты 10 вдоль вала-шестерни зубцы диска 8 входят в зацепление с зубцами диска 7, закрепленного на червячном колесе 5. В результате включается механическая подача шпинделя.

Для отсчета величины перемещения инструмента на противоположной от штурвала стенке корпуса сверлильной головки установлен лимб 15.

Выключение механической подачи шпинделя осуществляется дальнейшим поворотом штурвала, при этом собачки 9 проскакивают по зубцам диска 8 (происходит ручное опережение механической подачи), до тех пор, пока зуб муфты 13 не окажется напротив впадины полумуфты 10, в результате пружины 16 смещают полумуфту 10 вправо и расцепляют диски 7 и 8. Для ручной подачи шпинделя колпачок 17 перемещают вдоль оси вала-шестерни, при этом штифт 18 запирает муфту 13 на валу-шестерне.

4.3. Шлифовальные станки

Шлифовальные станки применяются для выполнения получистовых и чистовых операций обработки поверхностей абразивным инструментом с использованием естественных или искусственных минералов, зерна которых обладают высокой твердостью и способностью резания (царапания). Универсальные шлифовальные станки подразделяются на круглошлифовальные, плоскошлифовальные, внутришлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, профилешлифовальные и специальные - по видам обрабатываемых поверхностей.

Круглошлифовальные станки предназначаются для продольного и врезного шлифования наружных цилиндрических, конических и торцовых поверхностей в разносерийном производстве. Типовая компоновка универсального круглошлифовального станка представлена на рис. 4.35. Основными частями станка являются станина 1 с направляющими со смонтированными на ней подвижным нижним столом 2, на котором установлен поворотный верхний стол 4. На столе 4 закреплены передняя бабка 3 с приводом для вращения изделия и задняя бабка 7 с поддерживающим центром. Шлифовальная бабка 7 установлена на задней стороне станины 1 на поперечных направляющих, механизм поперечных подач 6 - на корпусе шлифо-

вальной бабки. Панель гидроуправления 10 закреплена на лицевой стороне станины 1. Пульт управления 8 смонтирован на стойке. Гидростанция 9 обеспечивает работу гидравлической системы станка.

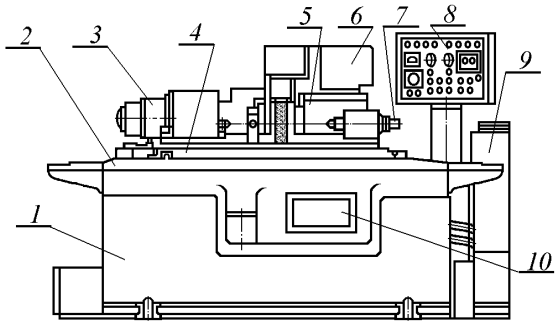


Рис. 4.35. Компоновка круглошлифовального станка

Плоскошлифовальные станки предназначены для шлифования плоскостей различных деталей периферией круга в условиях разносерийного производства. Шлифуемые детали в зависимости от формы, размеров и материалов могут закрепляться непосредственно на рабочей поверхности стола станка или в специальных приспособлениях, или на электромагнитной плите, установленной на столе. Компоновка плоскошлифовального станка представлена на рис. 4.36.

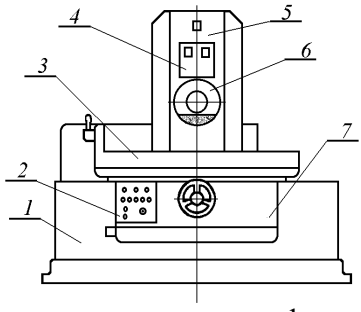


Рис. 4.36. Компоновка плоскошлифовального станка

На станине 1 с направляющими продольно перемещается стол 3. Стойка 5 жестко закреплена на задней стороне станины.

По вертикальным направляющим стойки 5 перемещается каретка 4 с горизонтальными направляющими, по которым перемещается шлифовальная бабка 6. Привод стола 3 гидравлический, гидропанель 2 которого закреплена на передней стороне станины, слева от нее – пульт управления 7.

Внутришлифовальные станки предназначены для предварительной и окончательной обработки абразивным инструментом цилиндрических и конических отверстий. Станки используются в условиях разносерийного производства в инструментальных и основных цехах машиностроительных и приборостроительных заводов.

Компоновка внутришлифовальных станков представлена на рис. 4.37.

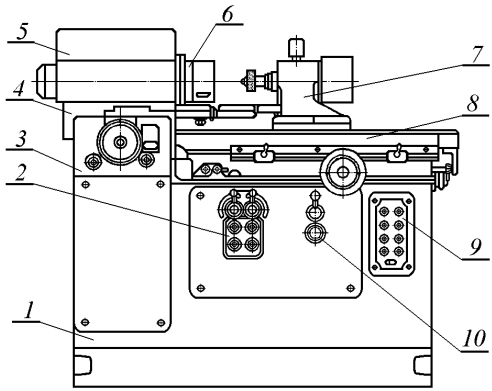


Рис. 4.37. Компоновка внутришлифовального станка

Станина 1 имеет прямоугольную коробчатую форму. На верхней горизонтальной части станины имеются направляющие, по которым продольно возвратно-поступательно перемещается стол 8 со шлифовальной бабкой 7. Слева на станине установлен мостик 4, на котором закреплена бабка 5 изделия, имеющая привод. Мостик 4 смонтирован из двух плит, нижняя плита выполняет роль салазок и служит для поперечного перемещения бабки изделия, а верхняя, поворотная, - для установки изделия при обработке конуса. На бабке станка установлен па-

трон для закрепления детали, который закрыт кожухом 6. Механизм поперечной подачи 3 размещен в левой части станины 1. Привод стола гидравлический: гидроагрегат устанавливается внутри станины, на передней стенке станины закрепляются панели управления гидросистемой 9, электрооборудованием 2 и ручного управления 10.

4.3.1. Круглошлифовальный станок мод. 3М151

Данный станок выбран в качестве представителя группы универсальных круглошлифовальных станков. Формообразование поверхностей на станке происходит методом касания и следа при шлифовании протяженных и торцовых поверхностей и методом копирования и касания при врезном шлифовании.

В первом случае в формообразовании участвуют три исполнительных движения: $\Phi_V(B_1)$ – вращение круга, $\Phi_{S1}(B_2)$ – вращение детали и $\Phi_{S2}(П_3)$ – продольная подача, или при торцовом шлифовании: $\Phi_V(B_1)$, $\Phi_{S1}(B_2)$ и $\Phi_{S2}(П_4)$ – поперечная подача круга.

Во втором случае при врезном шлифовании в формообразовании участвуют два исполнительных движения $\Phi_V(B_1)$ и $\Phi_S(B_2)$. Движение поперечной подачи $B_р(П_4)$ является движением врезания.

Кинематическая структура станка состоит из четырех простых независимых исполнительных групп: главного движения, вращения детали, подачи стола и поперечной подачи шлифовального круга. Каждая из них имеет независимый источник движения (рис. 4.38).

Управление станком комбинированное и выполняется:

- ручное механическое – зубчато-реечным и зубчато-винтовым механизмами;
- цикловое автоматическое – гидравлической системой станка, управляемой с пульта гидропанели.

В системе управления станка использована также настройка движения по упорам, связанным с электрическими выключателями.

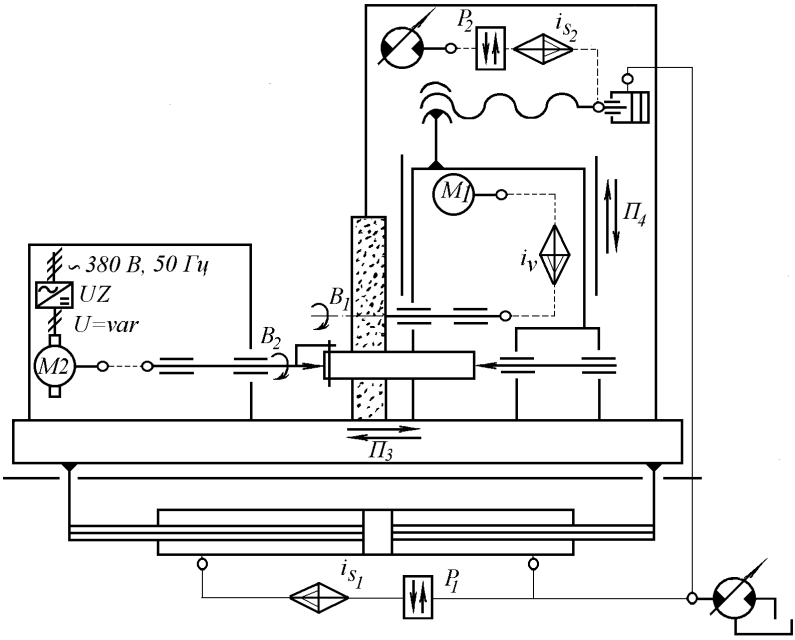


Рис. 4.38. Структурная кинематическая схема круглошлифовального станка мод. 3М151

Техническая характеристика станка мод. 3М151

Наибольшие размеры устанавливаемой детали, мм:	
диаметр	200
длина	700
Диаметр шлифовального круга, мм:	
наибольший	600
наименьший	450
Наибольшая ширина круга, мм	80
Частота вращения шлифовального круга, мин$^{-1}$	1590
Частота вращения заготовки (бесступенчатое регулирование), мин$^{-1}$	40…400
Скорость перемещения стола (бесступенчатое регулирование), м/мин	0,05…5,00

Поперечная подача шлифовальной бабки при каждом реверсе, мм	0,0025…0,0500
Врезная подача, мм/мин	0,01…3,00
Мощность электродвигателя привода шлифовальной бабки, кВт	7,5
Габарит станка (длина х ширина х высота), мм	4635х2450х2170

Кинематическая схема круглошлифовального станка мод. 3М151 представлена на рис. 4.39. Главное движение – вращение шлифовального круга, установленного в шлифовальной бабке, которое осуществляется от двигателя М1 черезременную передачу $\frac{112}{147}$.

Круговая подача – вращение шлифуемой детали передается через поводковую планшайбу передней бабки от электродвигателя М2 и через две клиноременные передачи $\frac{63}{130}$ и $\frac{63}{168}$.

Продольную подачу шлифуемая деталь, установленная на столе, получает от гидроцилиндра $Ц_4$, который неподвижно закреплен на станине станка. Концы штоков поршня цилиндра закреплены на нижнем столе станка. Ручное перемещение стола осуществляется с помощью зубчато-реечного механизма от маховика, расположенного на передней стороне станины.

Поперечная подача шлифовальной бабки имеет три режима работы: периодическая автоматическая подача при каждом реверсе, ручная подача, быстрое установочное перемещение шлифовальной бабки к обрабатываемой детали. Периодическая автоматическая поперечная подача шлифовальной бабки при каждом реверсе производится от гидродвигателя М3 при включенной электромагнитной муфте $М_{Э2}$ через червячную пару $\frac{1}{50}$, коническую пару $\frac{39}{39}$, червячную пару $\frac{2}{40}$,

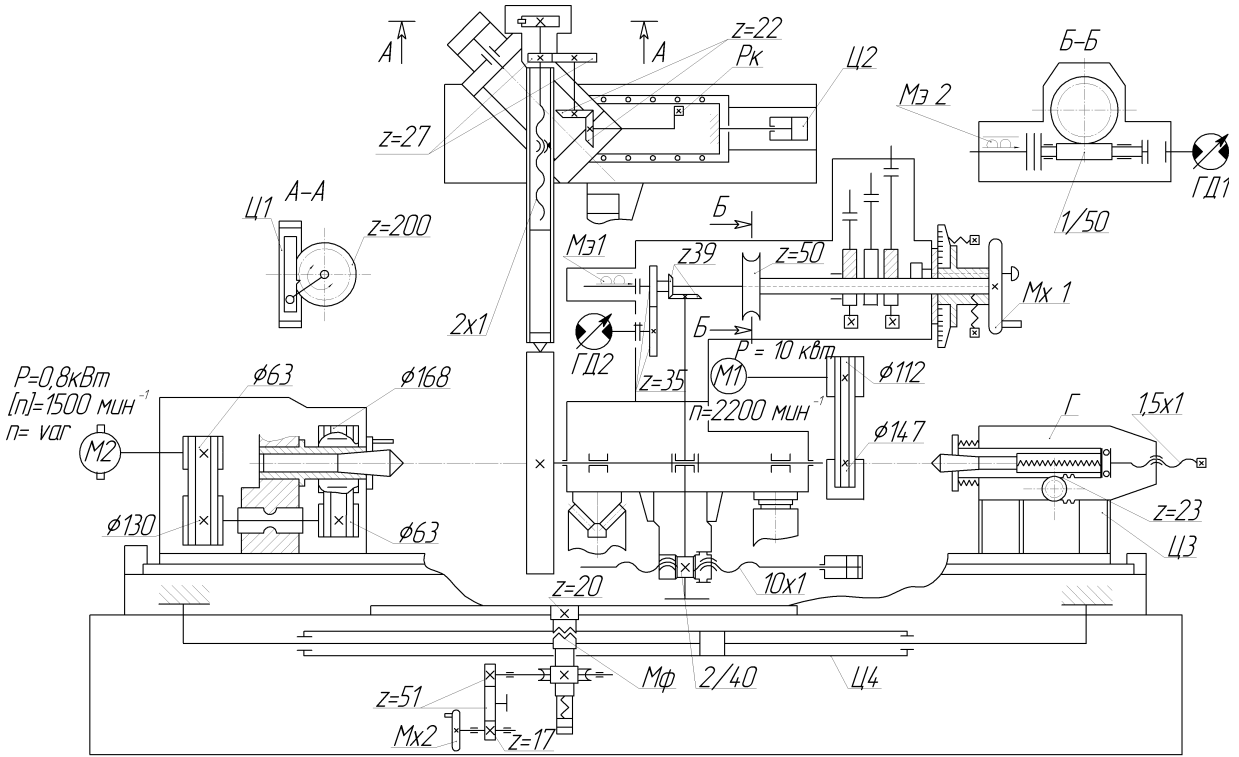


Рис. 4.39. Кинематическая схема центрового круглошлифовального станка мод.3М151

затем движение передается на шариковую гайку винта поперечной подачи винтовой парой с шагом 10 мм.

Ручная поперечная подача шлифовальной бабки производится с помощью маховика через коническую передачу $\frac{39}{39}$, червячную передачу $\frac{2}{40}$ и шариковую винтовую пару.

Быстрое установочное перемещение шлифовальной бабки к обрабатываемой детали выполняется от гидродвигателя М4 при включенной муфте $М_{Э1}$ через зубчатые передачи $\frac{35}{35}, \frac{39}{39}$, червячную передачу $\frac{2}{40}$ и шариковую винтовую пару.

В верхней части кинематической схемы показано устройство для правки шлифовального круга. Продольное перемещение прибора правки вдоль образующей круга осуществляется от гидроцилиндра Ц2. Поперечная подача пиноли П с алмазом на глубину правки производится вручную маховиком через конические колеса $\frac{22}{22}$, цилиндрические $\frac{27}{27}$ и далее на винтовую пару пиноли с шагом 2 мм; автоматическая подача пиноли с алмазом производится от гидравлического цилиндра Ц1 через плунжер с собачкой, храповой механизм с храповым колесом $Z = 200$ и далее на винтовую пару пиноли.

Гидросистема станка обеспечивает:

- продольное перемещение стола с заданной скоростью и автоматическим реверсом в конце хода;
- регулируемое по скорости перемещение стола при отведенной шлифовальной бабке;
- осциллирующее движение стола при врезном шлифовании;
- быстрый отвод и подвод шлифовальной бабки;
- отвод пиноли задней бабки при отведенной шлифовальной бабке;
- блокировку механизма ручного перемещения стола;

- непрерывную подачу шлифовальной бабки до касания круга с обрабатываемой поверхностью детали;

- поперечные подачи шлифовальной бабки для черновой и чистовой обработки (непрерывные при врезном шлифовании и периодические при продольном шлифовании);

- микроподачу шлифовальной бабки для доводки;

- автоматически быстрый отвод шлифовальной бабки при получении заданного размера обработанной поверхности;

- подачу команды на электрический счетчик ходов стола при выхаживании;

- перезарядку механизма подач шлифовальной бабки;

- блокировку пуска стола при врезном шлифовании;

- перемещение суппорта и каретки прибора правки, обеспечивающее правку по гладкому или ступенчатому копиру с соответствующими скоростями;

- подачу алмаза прибора правки;

- автоматическую компенсацию износа шлифовального круга при правке;

- автоматический подвод и отвод скобы измерительного управляющего устройства;

- смазывание опор и направляющих подвижных узлов станка.

Станок обеспечивает работы в полуавтоматическом цикле, а также в ручном наладочном режиме.

Шпиндельный узел в сборе со шлифовальной бабкой станка мод. 3М151 представлен на рис. 4.40.

Корпус шлифовальной бабки 21 установлен на направляющих качения 2 станины 3. Шпиндель 4 смонтирован в корпусе 1 на двух трехвкладышевых гидродинамических подшипниках. Передняя опора представляет собой обойму 5, неподвижно закрепленную в корпусе 21, в которой на сферических опорах 6 размещаются самоустанавливающиеся вкладыши 7. Принцип работы опоры основан на образовании между шейкой шпинделя и вкладышем подшипника клинового зазора, куда вращением шпинделя увлекается масло, поступающее в отвер-

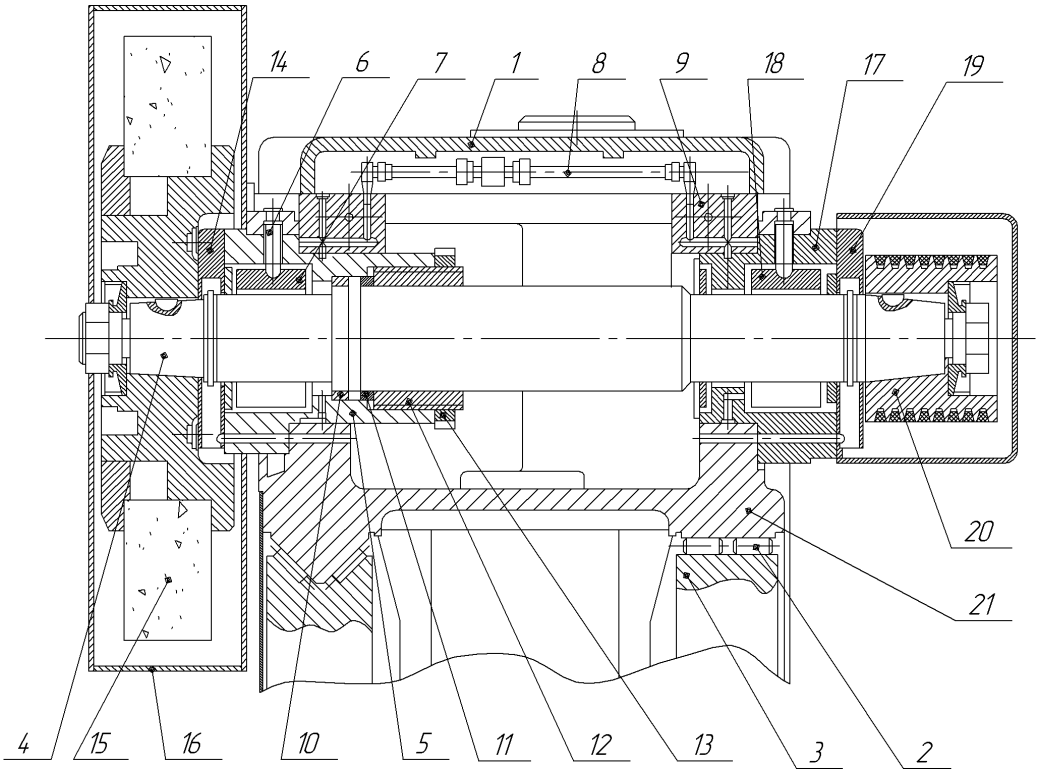


Рис. 4.40. Шлифовальная бабка круглошлифовального станка мод. 3М151

стие в обойме опоры от гидросистемы станка через трубопровод 8 и распределитель 9.

Осевое смещение шпинделя ограничивается двумя сферическими кольцами 10 и 11, установленными по обе стороны буртика шпинделя и закрепленными в обойме 5 гайкой 12 и контргайкой 13. Передний фланец 14 закреплен на обойме 5 и предохраняет переднюю опору шпинделя от загрязнения. На передней конусной шейке шпинделя установлена планшайба со шлифовальным кругом 15. Защитный кожух 16 предохраняет рабочее место от брызг и нестандартных ситуаций.

Задняя опора шпинделя состоит из обоймы 17 с самоустанавливающимися вкладышами 18. Принцип ее работы аналогичен работе передней опоры. Задний фланец 19 предохраняет опору от загрязнения. На задней конической шейке шпинделя установлен шкив 20 клиноременной передачи от электродвигателя.

Механизм поперечной подачи шлифовальной бабки размещен в литом корпусе 1 (4.41), который закреплен на корпусе шлифовальной бабки станка. На боковой части корпуса расположены лимбы 2, 4 и диск-указатель 3 настройки величины припуска на шлифование.

Многофункциональную работу привода подачи обеспечивают два механизма, представленные на рисунках 4.41 и 4.42. Гидродвигатель 17 (см. рис. 4.41) обеспечивает быстрое установочное перемещение шлифовальной бабки. На валу гидродвигателя установлено зубчатое колесо 16, которое передает вращение на колесо 19, закрепленное на ступице конического колеса 15, находящегося в зацеплении с коническим полым валом-шестерней 20, шлицевое отверстие которого связано со шлицевым вертикальным валом, передающим вращение ходовому винту подачи.

Гидродвигатель 28 (см. рис. 4.42) осуществляет автоматические подачи: непрерывную, периодическую и тонкую толчковую. Вал электродвигателя упругой муфтой 26 связан с валом 29, на котором жестко закреплен червяк 30. От него вращение пе-

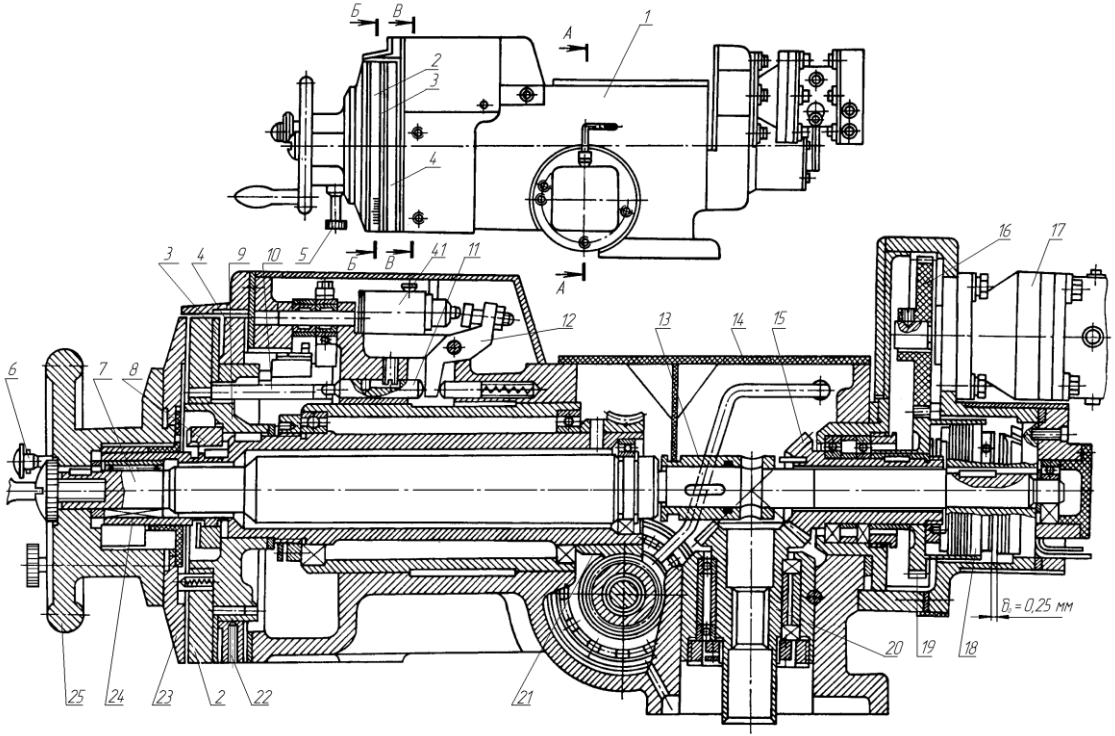


Рис. 4.41. Механизм поперечных подач станка мод. 3М151

редается червячному колесу 21 (см. рис. 4.41), жестко закрепленному на втулке 24. Рукоятка 5 включена и замыкает втулку 24 с маховиком 25, от которого вращение передается на вал 7 и через электромагнитную муфту 18 зубчатым колесам 15,19, 20.

Скорость непрерывной врезной подачи регулируется дросселями, установленными на сливе гидродвигателя. При непрерывной врезной подаче включен также золотник с электроуправлением, при периодической подаче золотник включается только при реверсе стола.

Тонкая толчковая подача осуществляется от гидродвигателя 28 с настройкой угла поворота ротора гидродвигателя (рис. 4.42).

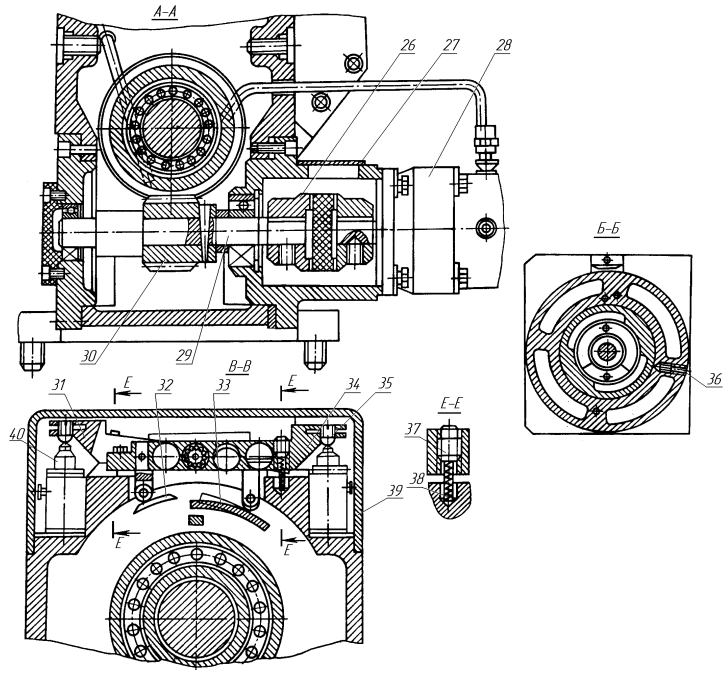


Рис. 4.42. Механизм автоматической подачи станка мод. 3.М151

С помощью механизма подач осуществляется также настройка станка на полуавтоматический цикл работы. С этой целью в механизме установлены конечные выключатели 35, 40,

которые срабатывают от рычагов, связанных с лимбами подачи и настройки. Конечный выключатель 35 срабатывает от рычага 34, который перемещается от кулачка 32, связанного с лимбами настройки подач. Во время цикла шлифования (см. рис. 4.41) маховик 25, лимб подачи 23 и лимбы настройки припуска вращаются и торцовый кулак 10, закрепленный на лимбе 2, через штырь 11 и рычаг 12 включает конечный выключатель 41 перехода на другой вид подачи. Затем, после съема припуска (см. рис. 4.42), кулак 33 через рычаг 31 включает конечный выключатель 40 перехода на выхаживание.

4.3.2. Плоскошлифовальный станок мод. 3Б722

Станок 3Б722 предназначен для шлифования плоскостей различных деталей периферией круга в условиях разносерийного производства. Шлифуемые детали, в зависимости от материала, формы и размеров, могут закрепляться на магнитной плите непосредственно на столе или в специальном приспособлении.

Техническая характеристика станка мод. 3Б722

Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм:	
наименьшее	190
наибольшее	630
Наибольшие размеры устанавливаемых изделий, мм:	
длина	1000
ширина	360
высота (от зеркала стола)	400
Наибольшие размеры обрабатываемой поверхности, мм:	
длина	1000
ширина	320
Размеры рабочей поверхности стола, мм:	
длина	1000
ширина	320

Размеры рабочей поверхности электромагнитной плиты, мм:	
длина	900
ширина	320
Продольное гидравлическое перемещение стола, мм:	
наименьшее рабочее	300
наибольшее рабочее	1050
величина перебега	125
Скорость продольного перемещения стола (регулирование бесступенчатое), м/мин	2…40
Размеры шлифовального круга, мм:	
наименьший наружный диаметр	325
наибольший наружный диаметр	450
внутренний диаметр	203
высота	63
Частота вращения шлифовального шпинделя, $мин^{-1}$	1460
Наибольшее поперечное перемещение шлифовальной бабки, мм	400
Скорость непрерывной поперечной подачи шлифовальной бабки (регулирование бесступенчатое), м/мин	0,5…3,0
Величина прерывистой поперечной подачи шлифовальной бабки за каждый ход стола (регулирование бесступенчатое), мм	1…30
Наибольшее вертикальное перемещение шлифовальной бабки, мм	440
Мощность двигателей, кВт:	
главного движения	10
вертикального ускоренного перемещения шлифовальной бабки	1,1

насосов гидросистемы	5,5
насосов системы смазки	0,12
насоса системы охлаждения	0,15
магнитного сепаратора	0,12
Габаритные размеры станка (длина х ширина х высота), мм	3410х2020х2290

Кинематика станка основана на обеспечении движения формообразования плоских поверхностей периферией шлифовального круга прямого профиля. Характер взаимодействия между шлифовальным кругом и обрабатываемой плоскостью относится к формообразованию методом касания и следа и обеспечивается двумя простыми движениями $\Phi_V(B_1)$, $\Phi_{S1}(П_2)$, где B_1 – вращение шлифовального круга, $П_2$ – продольная подача стола. Для обработки плоскостей большей ширины, чем высота круга, на станке предусмотрена поперечная подача шлифовальной бабки $\Phi_{S2}(П_3)$. Требуемая глубина шлифования устанавливается вертикальной подачей $B_р(П_4)$ каретки шлифовальной бабки.

Структурная кинематическая схема плоскошлифовального станка мод. 3Б722 представлена на рис. 4.43.

Все кинематические группы движений исполнительных органов станка имеют индивидуальные приводы от электро- или гидродвигателей. Шпиндель шлифовального круга получает вращение от фланцевого двигателя.

Продольная подача стола и поперечная подача шлифовальной бабки осуществляются с помощью силовых цилиндров, соединенных через управляющие гидравлические устройства с гидронасосом. Вертикальная подача каретки шлифовальной бабки осуществляется с помощью индивидуального электро-гидромеханического привода.

Кинематическая схема станка мод. 3Б722 представлена на рис. 4.44. Шлифовальный круг имеет одну частоту вращения и приводится в движение односкоростным фланцевым двигателем М1 мощностью 10 кВт. Шпиндель соединен с валом двигателя пальцевой упругой муфтой.

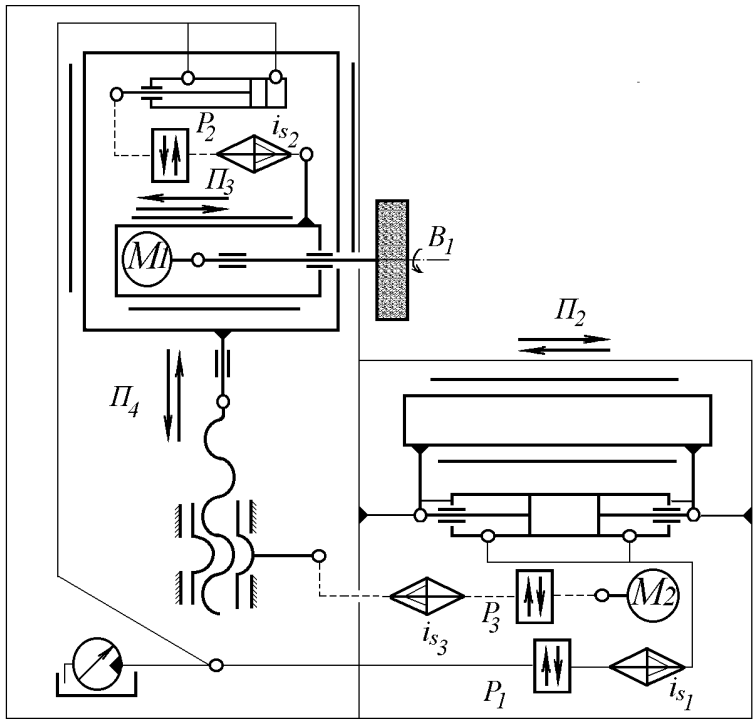


Рис. 4.43. Структурная кинематическая
схема станка мод. 3Б722

Шлифовальная бабка имеет ручное наладочное поперечное перемещение, осуществляемое с помощью реечного механизма рейкой 1 и реечным колесом 2, которое приводится во вращение от маховика 12 через червячную передачу $\frac{1}{32}$. Рабочую подачу шлифовальной бабки обеспечивает гидроцилиндр. Блокировка цепи ручного перемещения при включении гидроцилиндра осуществляется с помощью эксцентриковой гильзы кулачком 6 и рычагом 3. Червяк 5 ручного привода выводится из зацепления с шестерней 4 поворотом рукоятки 11.

Для шлифования поверхностей значительной ширины на станке предусмотрена рабочая автоматическая поперечная по-

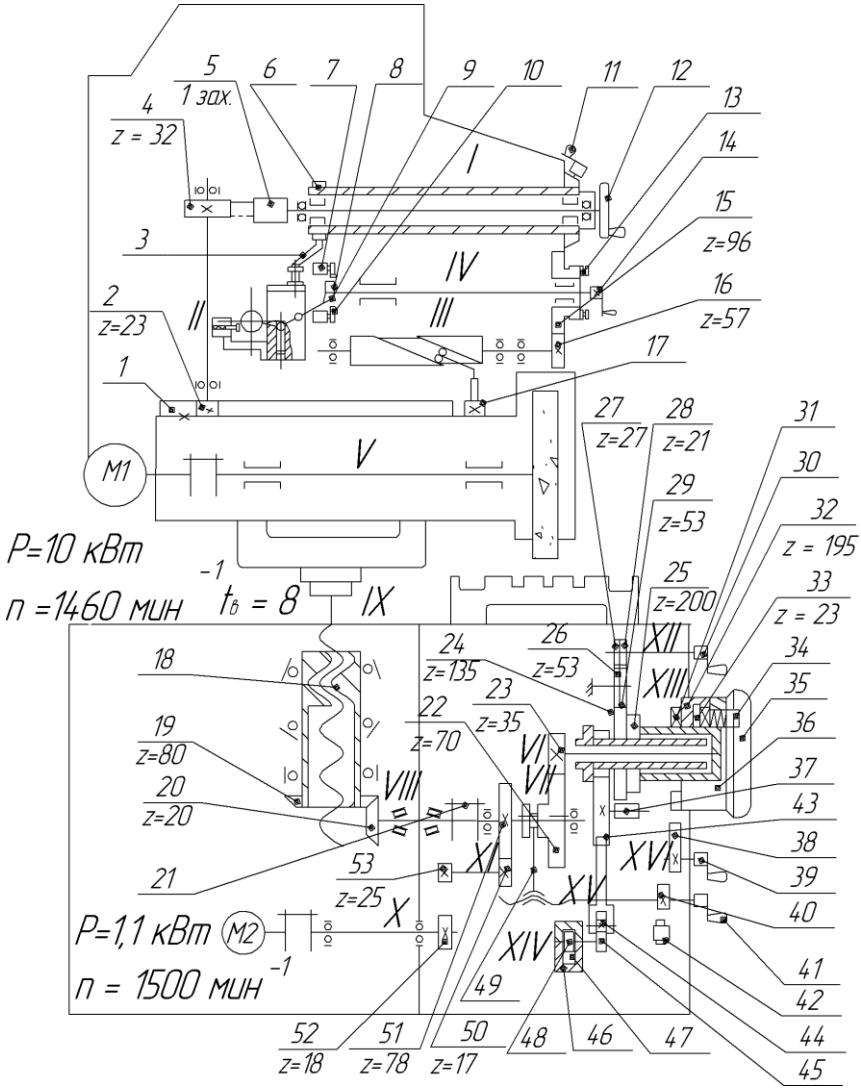


Рис. 4.44. Кинематическая схема станка мод. 3Б722

дача шлифовальной бабки. При этом палец 17, закрепленный на корпусе бабки, перемещается по спиральному пазу вала III, на котором расположена шестерня 16. Движение передается через шестерню 15, на ступице которой установлены регулируемые упоры 13. При максимальном поперечном ходе шлифовальной бабки шестерня 15 делает почти полный оборот. Упоры 13 воздействуют на рычаг 14, на одной оси с которым находится рычаг 9 реверса поперечной подачи, контактирующий с конечными выключателями 7 и 10. От конечных выключателей поступает команда на включение автоматической вертикальной подачи. Другой конец рычага 9 переключает рычаг 8, связанный с золотником гидрокоробки реверса гидроцилиндра шлифовальной бабки. Рукояткой 14 можно произвести также и ручной реверс шлифовальной бабки.

Вертикальная подача каретки шлифовальной бабки имеет три режима работы: ручной подачи (настройки на определенную глубину шлифования), автоматической подачи (после каждого реверса поперечной подачи) и ускоренного установочного перемещения.

Ручная подача включается маховиком 35 с лимбом 36 и передается через зубчатую передачу $\frac{35}{70}$, муфту 21, коническую пару $\frac{20}{80}$ на гайку 18 ходового винта IX.

Автоматическая подача включается в момент реверса поперечной подачи шлифовальной бабки через цилиндр 46 механизма подачи, при этом перемещается плунжер-рейка 47, которая через шестерню 48 вращает кривошип 45. Кривошип 45 поворачивает с помощью шатуна 44 рычаг 43 с собачкой 37. Собачка поворачивает храповик 25, установленный на валу VI, а далее движение передается по известной уже цепи: $\frac{35}{70}$ и $\frac{20}{80}$ к гайке 18 ходового винта IX.

Для включения ускоренного установочного перемещения каретки рукояткой 41 выводится из зацепления шестерня 22. Одновременно кулачок 40 замыкает конечный выключатель 42,

который включает электродвигатель М2. Через цепную передачу $\frac{18}{25}$ и зубчатую $\frac{17}{78}$ движение передается на вал VIII и далее, через коническую пару $\frac{20}{80}$ на гайку ходового винта.

Гидравлическая система станка представлена на схеме рис. 4.45. В состав гидравлической системы входят механизмы:

I – золотник реверсивный вертикальной подачи;

II – коробка смазки направляющих;

III – установка смазки шпинделя;

IV – насосная установка;

V – гидрокоробка реверса стола;

VI – плунжер механизма вертикальной подачи;

VII – гидрокоробка поперечной подачи шлифовальной бабки;

VIII – гидроцилиндр стола;

IX – гидроцилиндр поперечной подачи шлифовальной бабки;

X – гидрокоробка реверса вертикальной подачи шлифовальной бабки.

Гидросистема станка состоит из приборов и механизмов, обеспечивающих возможность настройки и бесперебойной работы станка. К ним обносятся: 1 – сильфонное реле; 2 – винт настройки давления; 3 – подпорный клапан; 4 – фильтр; 5 – лопастный насос; 6 – кран монометра; 7 – мономентр контроля давления системы смазки направляющих шпинделя; 8 – монометр контроля давления в рабочей гидросистеме; 9 – кран монометра; 10 – электродвигатель; 11 – напорный золотник; 12 – фильтр сетчатый; 13 – насос лопастный сдвоенный; 14 – напорный золотник; 15 – фильтр смазки направляющих; 16 – винт, регулирующий давленине смазки направляющих стола; 17, 19 – электромагнит вертикальной подачи; 18 – золотник вертикальной подачи; 20 – дроссель плавности реверса стола;

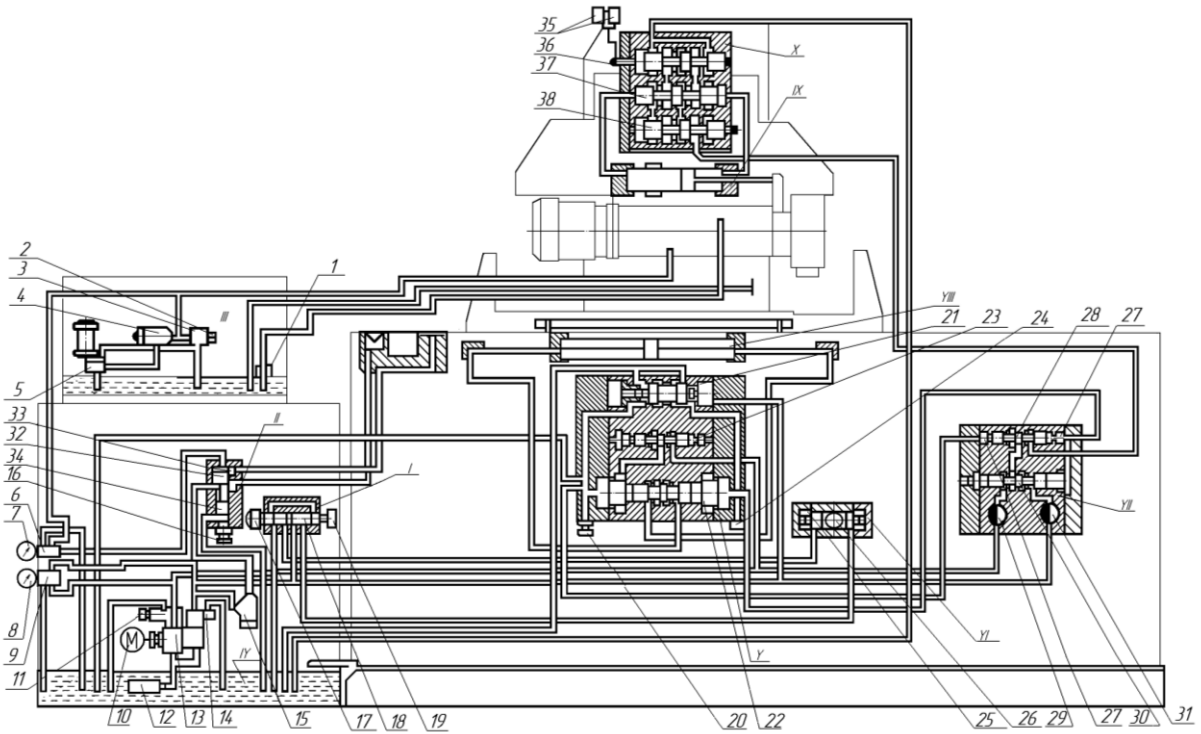


Рис. 4.45. Гидравлическая схема станка мод. 3Б722

плунжера механизма вертикальной подачи; 26 – плунжер механизма вертикальной подачи; 27 – дроссель порционного золотника поперечной подачи; 28 – золотник порционный; 29 – дроссель прерывистой поперечной подачи; 30 – золотник характера подачи; 31 – дроссель непрерывной поперечной подачи; 32 – дроссель смазки V-образной направляющей; 33 – дроссель смазки плоской направляющей; 34 – золотник смазки; 35 – конечные выключатели вертикальной подачи; 36 – золотник управляющий; 37 – золотник реверсивный; 38 – золотник блокировочный.

Заполнение гидравлической системы маслом под высоким давлением происходит от гидронасоса Н1 двойного действия, который приводится в движение электродвигателем 10 (см. рис. 4.45). По трубопроводу высокого давления масло поступает в управляющие рабочими органами станка золотниковые гидроустройства: золотник I и плунжер VI вертикальной подачи, гидрокоробку V реверса стола, гидрокоробки VII и X соответственно поперечной подачи и реверса стола.

Гидравлический цилиндр стола (рис. 4.46, *а*) двойного действия предназначен для передачи столу возвратно-поступательного движения: на гидравлической схеме - позиция IIIV (см. рис. 4.45). Корпус цилиндра 3 установлен в опорах 8 и 12, которые крепятся к платикам стола. Штоки 9 и 11 соединены с поршнем 4 винтом10. Концы штоков закреплены на кронштейнах 7 и 13, которые установлены на станине станка. При подаче масла поочередно в левую или правую полости корпус цилиндра перемещается вместе со столом соответственно в левую или правую стороны.

Гидравлический цилиндр поперечной подачи шлифовальной бабки (рис. 4.46, *б*) закреплен в двух опорах 15 и18. Шток 16 поршня 14 закреплен на кронштейне19, который жестко установлен на корпусе шлифовальной бабки. В отличие от цилиндра стола, корпус гидроцилиндра поперечной подачи неподвижен, а шлифовальную бабку перемещает шток. На гидравлической схеме (см. рис. 4.45) силовой гидроцилиндр поперечной подачи занимает позицию IX.

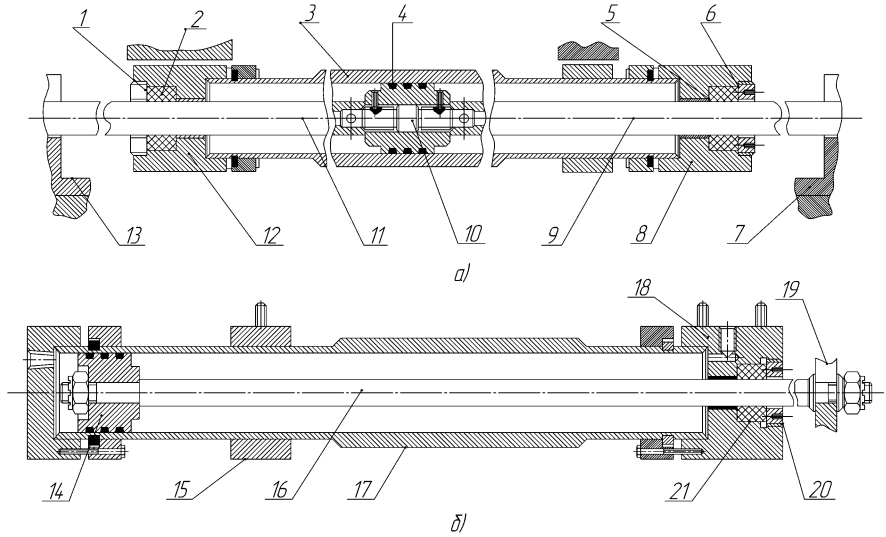


Рис. 4.46. Силовые цилиндры

Шлифовальная бабка станка мод. 3Б722 представляет собой корпус коробчатой формы с направляющими, расположенными в верхней его части (рис. 4.47). Корпус 6 подвижно установлен на каретке 18 с помощью направляющих 17. В корпусе на опорах скольжения 12 и 13 установлен шпиндель 5. Передняя и задняя опоры шпинделя одинаковы и представляют собой трехвкладышевые подшипники. Вкладыши 13 установлены на регулируемых опорах 19. Вкладыши 12 – нерегулируемые. Принцип действия опор и конструкция шпиндельного узла описаны на примере станка 3М151 (см. п. 4.3.1). Перемещение шлифовальной бабки по направляющим каретки осуществляется гидроцилиндром 8 с помощью штока 7. Вращение шпиндель получает от фланцевого электродвигателя 9 через пальцевую упругую муфту 10.

Механизм вертикальной подачи шлифовальной бабки станка 3Б722 имеет наиболее сложную конструкцию и состоит из нескольких взаимосвязанных механических и гидравлических узлов. На рис. 4.48 представлена механическая часть

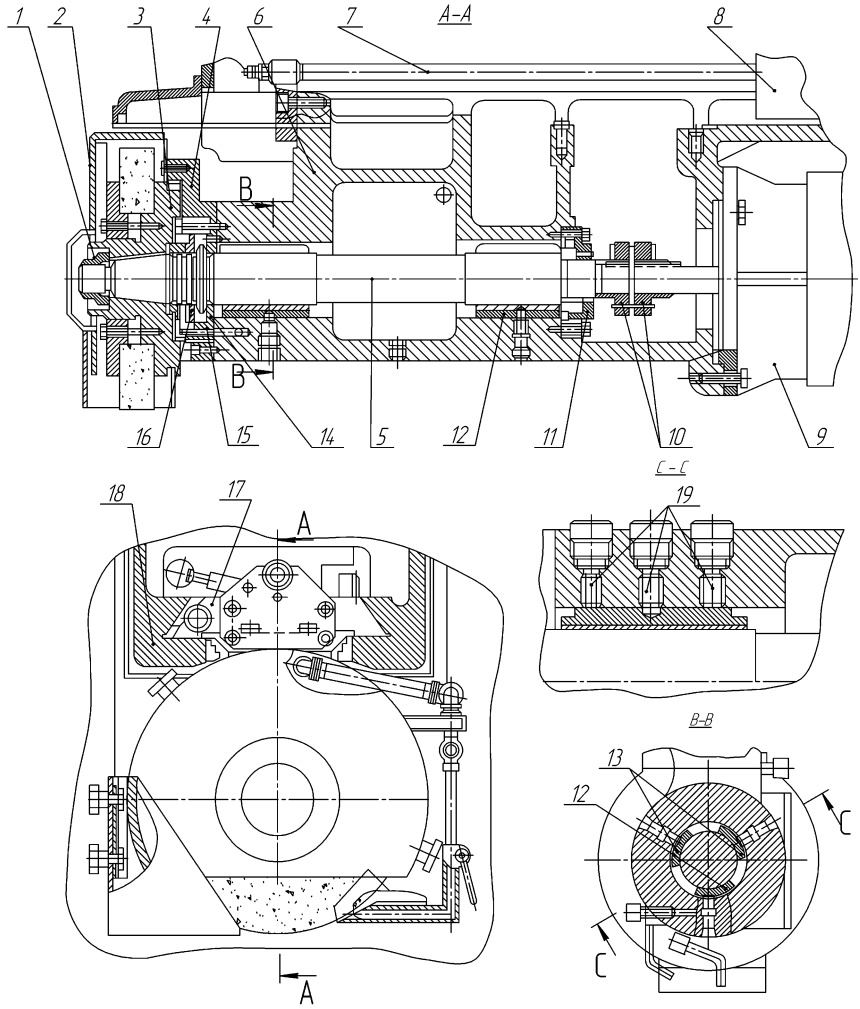


Рис. 4.47. Шлифовальная бабка станка мод. 3Б722:

1 – гайка; 2 – кожух; 3 – планшайба с кругом; 4 – передний фланец; 5 – шпиндель; 6 – корпус; 7 – шток; 8 – гидроцилиндр; 9 – электродвигатель; 10 – муфта; 11 – фланец; 12 – вкладыш нерегулируемый; 13 – вкладыш регулируемый; 14, 16 – подпятник биметаллический; 15 – прокладка; 17 – направляющая; 18 – корпус каретки; 19 – регулируемые опоры вкладышей

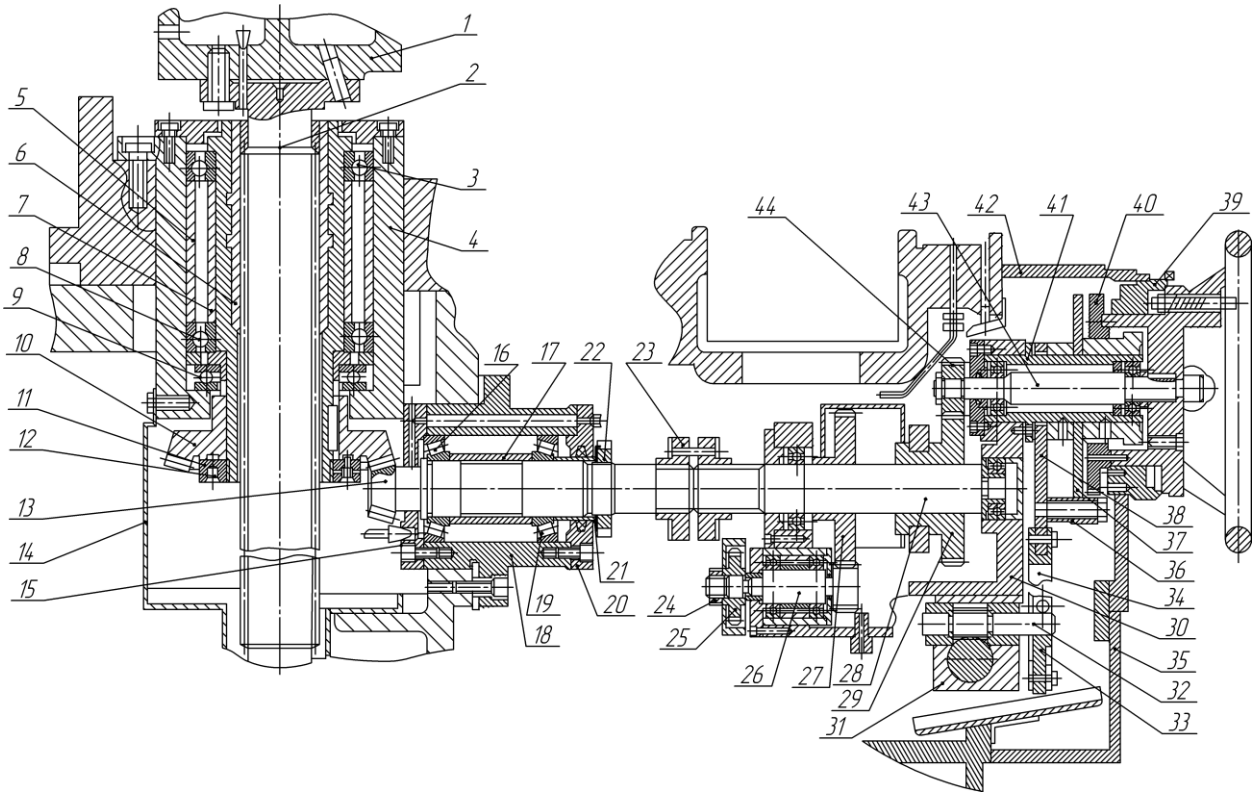


Рис. 4.48. Механизм вертикальной подачи шлифовальной бабки станка мод. 3Б722

привода. На корпусе каретки 1 закреплен ходовой винт 2, который получает осевое перемещение от биметаллической гайки 6, установленной на двух радиально-упорных шарикоподшипниках. Рабочий зазор шарикоподшипника 3 и 8 устанавливается с помощью втулок 5 и 7. Биметаллическая гайка 6 через дистанционное кольцо упирается в упорный шарикоподшипник 9. На нижнем конце гайки 6, на шпонке, установлена коническая шестерня 10. От осевого смещения шестерню предохраняет гайка 11 со стопором 12. Гайка 6 с опорами размещена в обойме 4, установленной неподвижно в колонке 46, в свою очередь, закрепленной на тумбе 45. На привалочной поверхности тумбы закреплен корпус 18 приводного вала-шестерни 13, который установлен в корпусе на конических роликовых подшипниках 16 и 19. Радиальный зазор в подшипниках регулируется дистанционными кольцами, втулкой 17, гайкой 22 со стопорной шайбой 21. От загрязнения и для смазки подшипники закрыты крышками 15 и 20. Щиток 14 закрывает монтажное отверстие узла ходового винта.

Вращение на вал-шестерню 13 передается от шлицевого вала 28 через муфту 23. Вращение на вал 28 передается или через шестерню 27, или через подвижную шестерню 29, в зависимости от вида подачи: ручной, автоматической или ускоренной. Шестерни 27 и 29 размещены на шлицевой шейке вала 28. Шестерня 27 находится в зацеплении с валом-шестерней 26, на другом конце которого установлена звездочка 25 ускоренной цепной передачи. От осевого смещения звездочку предохраняет гайка 24. Подвижная шестерня 29 при ручной и автоматической подаче находится в зацеплении с шестерней 44, установленной на валу 43, на котором смонтирован маховик ручной подачи с лимбом 39 и храповиком 40. Вал 43 установлен на радиальных шарикоподшипниках в гильзе 41, на которой закреплена перекрышка 37. Гильза смонтирована в корпусе 30.

Источником движения периодической автоматической вертикальной подачи служит плунжерный гидроцилиндр 31 с плунжер-рейкой, от которой через реечный вал-шестерню 32 движение передается на кривошипно-рычажный механизм, со-

стоящий из кривошипа 33, шатуна 34 и рычага 38. На рычаге 38 закреплена собачка 36, которая контактирует с храповиком 40, поворачивая его на определенный угол. Храповик жестко соединен с маховиком, при повороте которого лимб ведет отсчет величины перемещения шлифовального круга. Крышки 35 и 42 закрывают монтажное отверстие кривошипно-храпового механизма. На ходовой винт 2 движение передается по известной ранее цепи - через вал 28 и вал-шестерню 13.

4.4. Фрезерные станки

Фрезерные станки предназначены для обработки наружных и внутренних поверхностей различной конфигурации, прорезания пазов, шлицев и канавок различной формы, нарезания зубьев зубчатых колес и т. п.

Компоновки фрезерных станков разнообразны и подразделяются на следующие основные виды:

- консольно-фрезерные (горизонтальные, вертикальные, универсальные и широкоуниверсальные);
- бесконсольные вертикально-фрезерные;
- продольно-фрезерные (одно- и двухстоечные);
- фрезерные непрерывного действия (карусельные и барабанные);
- копировально-фрезерные (для контурного и объемного фрезерования);
- гравировально-фрезерные;
- специализированные (резьбофрезерные, шпоночно-фрезерные, шлицефрезерные и др.).

Консольно-фрезерные станки чаще применяются в условиях мелкого и среднесерийного основного и инструментального производства, бесконсольные фрезерные станки - в основном производстве. Продольно-фрезерные станки применяются, в основном, серийном и крупносерийном производствах.

Фрезерные станки непрерывного действия и специализированные рационально использовать в условиях крупносерийного и массового производства.

Типовые компоновочные решения консольно-фрезерных станков представлены на рис. 4.49.

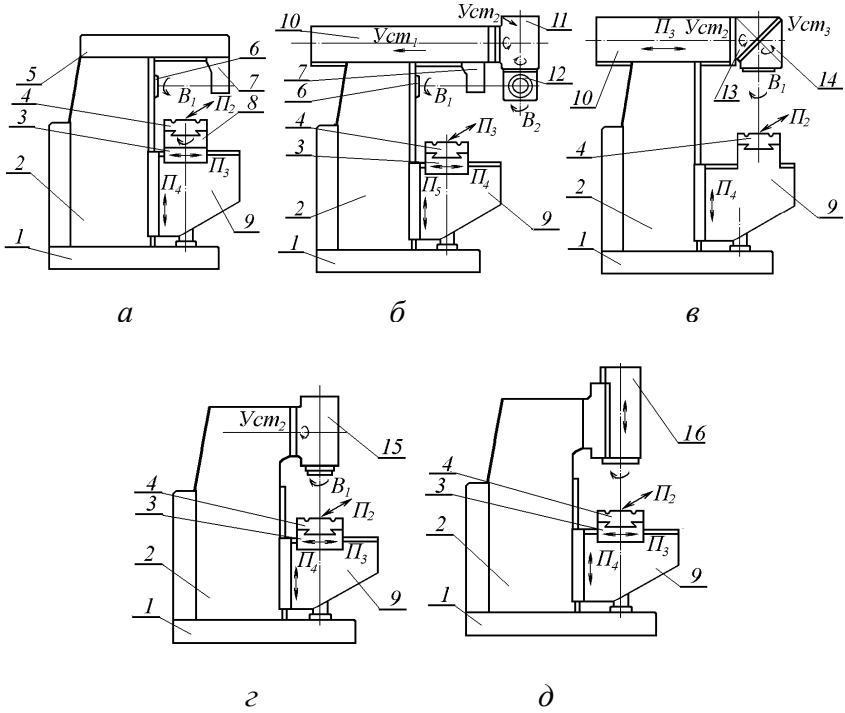


Рис. 4.49. Основные схемы компоновки консольно-фрезерных станков – горизонтального (*а*), горизонтального универсального (*б*), широкоуниверсального (*в*), вертикального (*г*), вертикального с ползуном (*д*):

1 – основание; 2 – станина; 3, 4 – крестовый стол; 5 – кронштейн; 6 – шпиндель горизонтальный; 7 – серьга; 8 – поворотная плита; 9 – консоль; 10 – ползун; 11 – поворотная головка с вертикальным шпинделем; 12 – поворотная головка с горизонтальным шпинделем; 13, 14 – угловая поворотная головка

Отличительной особенностью этих станков является наличие перемещающейся по вертикальным направляющим станины 2 консоли 9, несущей одно- двух- или трехкоординатный стол. На рис. 4.49, *а* и 4.49, *б* приведены примеры компоновки станков с горизонтальным основным шпинделем 6 и дополнительной опорой для инструментальной оправки 7. Кроме того, станок может иметь дополнительный поворотно-наклонный шпиндель 12, смонтированный на ползуне 10 (см. рис. 4.49, *б*).

Широкоуниверсальные станки (рис. 49, *в*) имеют поворотную относительно двух осей шпиндельную головку на подвижном ползуне с рабочей подачей.

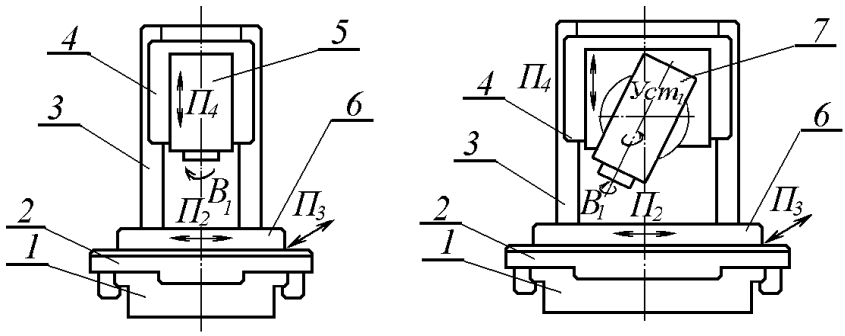
Вертикальные фрезерные станки имеют поворотный пинольный шпиндель 15 (рис. 49, *г*) или вертикально подвижный шпиндель 16 (рис. 49, *д*). Станки таких конструкций чаще оснащаются устройствами ЧПУ.

Бесконсольные фрезерные станки (рис. 4.50), как правило, имеют большие габариты стола, обладают повышенной жесткостью и мощностью. В отличие от консольных станков, вертикальная подача на этих станках осуществляется перемещением каретки 4 со шпиндельной бабкой по направляющим станины. Шпиндельная бабка может быть поворотной (рис. 4.50*, б*).

Продольно-фрезерные станки предназначены для обработки горизонтальных, вертикальных, наклонных и фасонных поверхностей крупных корпусных деталей торцовыми, цилиндрическими и фасонными фрезами. Станки имеют однокоординатный стол и одну или несколько шпиндельных бабок, размещенных на стойке (стойках) и траверсе. Типовые компоновочные схемы продольно-фрезерных станков представлены на рис. 4.51.

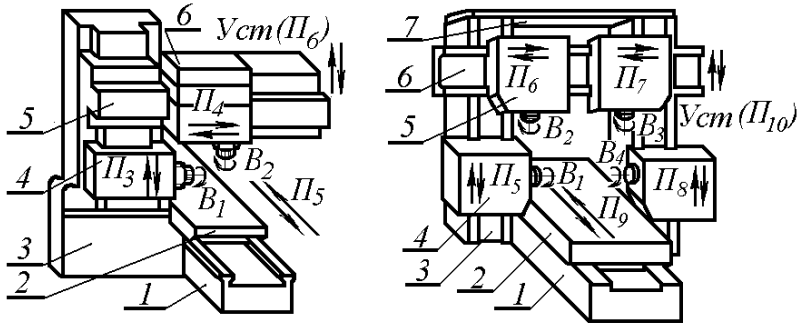
Одностоечный двухшпиндельный фрезерный станок (рис. 4.51, *а*) имеет станину 1, по направляющим которой перемещается однокоординатный стол 2. К боковой стороне станины примыкает стойка 3 с вертикальными направляющими, по которым перемещаются горизонтальная шпиндельная бабка 4 и

траверса 5. По направляющим траверсы перемещается вертикальная шпиндельная бабка 6.



а *б*

Рис. 4.50. Основные схемы компоновки бесконсольных фрезерных станков с вертикальным шпинделем (*а*), с поворотным шпинделем (*б*):
1 – основание; 2, 6 – крестовый стол; 3 – станина; 4 – каретка; 5 – шпиндельная бабка; 7 – поворотная шпиндельная бабка



а *б*

Рис. 4.51. Основные схемы компоновки продольно-фрезерных станков: одностоечного двухшпиндельного (*а*), двухстоечного четырехшпиндельного (*б*):
1 – станина; 2 – стол; 3 – шпиндельная бабка; 4 – стойка; 5 – балка; 6 – траверса

Двухстоечный четырехшпиндельный станок (рис. 4.51, *б*) имеет две стойки 4, образующие портал с балкой 5. Траверса 6 перемещается по направляющим двух стоек портала, тем самым достигается высокая жесткость конструкции, что позволяет повысить мощность станка за счет увеличения числа шпиндельных бабок или использования многошпиндельных бабок. На представленной схеме показана компоновка четырехшпиндельного станка с двумя боковыми и двумя вертикальными одношпиндельными бабками.

Главным движением в продольно-фрезерных станках является вращение шпинделей; движение подач – продольное движение стола и перемещения шпиндельных бабок. Кроме рабочих движений станки имеют установочные перемещения. К ним относятся: быстрое перемещение стола, быстрый подъем или опускание траверсы, осевое перемещение гильз шпинделей для точной установки фрез на нужную толщину срезаемого слоя. У станков с поворотными шпиндельными бабками установочным является поворот шпиндельной бабки под нужным углом. Станки, как правило, имеют индивидуальные приводы для всех исполнительных механизмов.

Кинематика фрезерных станков определяется составом и характером формообразующих движений в основных технологических операциях, выполняемых на станках, и кинематическими связями исполнительных механизмов для выполнения этих операций. Основными методами формообразования поверхностей при фрезеровании цилиндрическими, торцовыми и концевыми фрезами является сочетание методов следа и касания, которые обеспечиваются двумя формообразующими движениями: вращением фрезы $\Phi_V(B_1)$ и подачей инструмента или детали $\Phi_S(П_2)$.

При обработке (прорезке) пазов, шлицев или впадин зубьев прямозубых колес прорезными, фасонными или модульными фрезами формообразование поверхности происходит сочетанием методов касания и копирования. Для получения производящей линии методом копирования не требуется формообразующего движения, поэтому требуется два движения

$\Phi_V(В_1)$ и $\Phi_S(П_2)$. В то же время для обработки шлицев или зубьев требуется исполнительное движение деления Д($В_3$). Для обработки плоских криволинейных поверхностей на станках должно быть предусмотрено движение круговой подачи, которое может быть сложным: согласованное вращательное и поступательное $\Phi_S(В_2П_4)$ или согласованное поступательное – продольное и поперечное движения $\Phi_S(П_3П_4)$.

На фрезерных станках с ручным управлением обычно исполнительные движения деления или круговой подачи обеспечиваются дополнительными приспособлениями типа делительных головок, поворотных столов и др., которые могут быть подключены к кинематической цепи станка.

4.4.1. Универсальные консольные фрезерные станки мод. 675П и 6М76П-1

Станки выполнены на основе одной базовой модели. Они имеют повышенную точность, горизонтальный основной шпиндель и устройство для установки вертикальной шпиндельной головки. Привод главного движения и подач от одного электродвигателя. Шпиндельная головка устанавливается на ползуне и имеет возможность горизонтального установочного и рабочего перемещения.

Станки используются в инструментальном, экспериментальном, ремонтном и мелкосерийном производстве деталей при выполнении фрезерных, сверлильных, расточных и других видов работ с использованием цилиндрических, дисковых торцовых, концевых, шпоночных, фасонных и других фрез под различными углами наклона. Особенно эффективно использование этих станков при наличии малых производственных площадей и отсутствии специального оборудования.

Техническая характеристика станков мод. 675П и 6М76П-1

СТАНОК	Мод. 675П	Мод. 6М76П-1
Размеры рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	630х200	800х250

Расстояние от оси горизонтального шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	80…380	80…530
Расстояние от торца вертикального шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	0…300	0…480
Конус отверстия шпинделя	Морзе № 4	Морзе № 4
Наибольшее перемещение стола, мм:		
продольное	320	400
вертикальное	300	400
Наибольшее перемещение шпиндельной бабки, мм	200	250
Наибольшее осевое перемещение вертикального шпинделя, мм	60	60
Наибольший угол поворота вертикальной головки, град.	±90	±90
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$:		
горизонтального	50…1600	40…2000
вертикального	63…2000	40…2000
Количество подач стола и шпиндельной головки	16	16
Скорость быстрых перемещений стола и шпиндельной головки, мм/мин	935	1250
Мощность электродвигателя привода станка, кВт	1,7	2,2

Габарит станка (длина х ширина х высота), мм	1100х1170х1650	1450х1430х1920

Кинематика универсальных консольных фрезерных станков мод. 675П и 6М76П-1 обеспечивает согласованность передачи движения всем исполнительным органам станка от одного источника движения с использованием на протяженных участках кинематической цепи ременной и цепной передач. Кинематическая структура станков представлена на рис. 4.52. Особенностью ее является наличие распределительного вала, от которого движение распределяется на кинематические цепи главного движения и движения подач. Подробные кинематические схемы станков представлены на рис. 4.53 и 4.54.

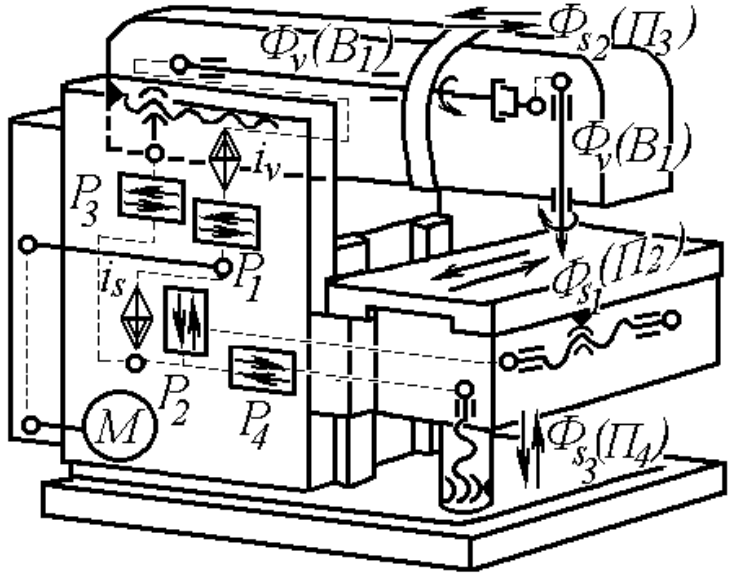


Рис. 4.52. Кинематическая структура универсальных фрезерных станков мод. 675П и 6М76П-1

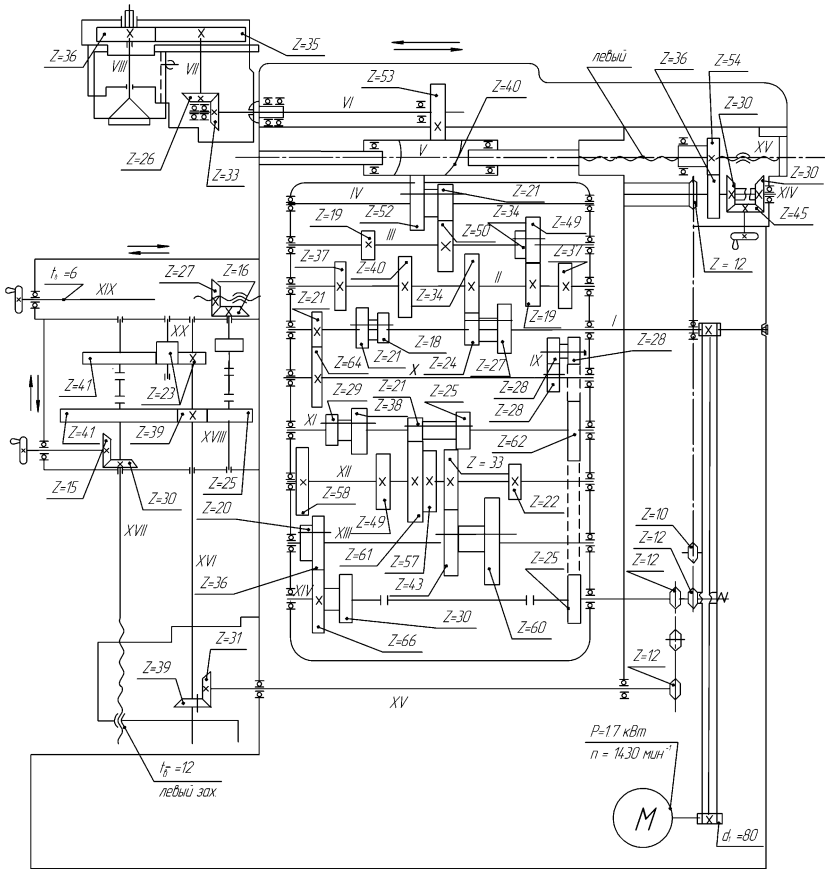


Рис. 4.53. Кинематическая схема станка мод. 675П

Схемы однотипны. От двигателя через ременную передачу вращение передается на распределительный вал I, от которого берут начало кинематические цепи главного движения и движения подач. Цепь главного движения состоит из системы зубчатых передач, размещенных на валах II, III и 1V, затем вращение передается на вал V и барабанную шестерню Z = 40(45) и дальше – через шестерню Z = 53(58) на горизонтальный шпиндель VI, смонтированный в горизонтально-

*Значения, представленные в скобках, относятся к станку мод. 6М76П-1.

подвижном ползуне. Станок может также работать с вертикальной съемной шпиндельной головкой с передачей вращения от горизонтального шпинделя. От распределительного вала I получает начало кинематическая цепь движения подач стола, шпиндельного ползуна и консоли, причем кинематическая настройка требуемых скоростей движения исполнительных органов осуществляется одной системой зубчатых колес, расположенных на пяти валах.

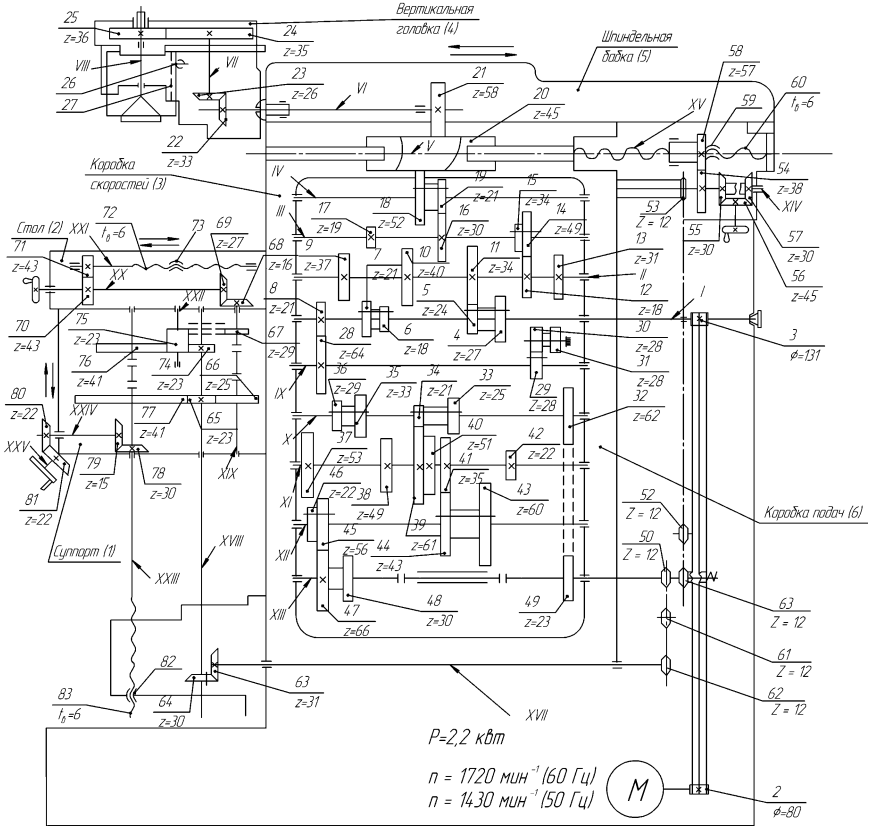


Рис. 4.54. Кинематическая схема станка мод. 6М76П-1

С последнего XIV(XIII) вала движение подачи через цепную передачу поступает на вал XV(XVII), затем через кониче-

скую пару $\frac{31}{39}\left(\frac{31}{30}\right)$ и вал XVI(XVIII) - на зубчатые колеса, расположенные в консоли станка. С помощью двух кулачковых муфт от вала XVI(XVIII) вращение передается или на ходовой винт стола, или на винт вертикальной подачи консоли. На станке мод. 675П ходовой винт стола вращается от конической пары $\frac{16}{27}$ непосредственно от вала XVIII. На станке 6М76П-1 установлен промежуточный вал XXII. Ползун горизонтального шпинделя перемещается с помощью винтовой пары. Гайка винтовой пары ползуна получает вращение от вала XIV(XIII) через цепную и зубчатую передачи $\frac{36}{54}\left(\frac{38}{57}\right)$.

Шпиндельные узлы станков 675П и 6М76П-1 смонтированы в подвижных корпусах (рис. 4.55 и 4.56 соответственно), передние опоры шпинделей одинаковой конструкции, задние опоры - различны. Передняя опора типовой конструкции, в которой использован радиальный двухрядный роликовый подшипник 1, установленный на конической шейке шпинделя 2 с прижимом переднего торца в дистанционное кольцо 3. Осевая нагрузка воспринимается двумя упорными шарикоподшипниками 4. Между торцом регулировочной гайки 5 и торцом внутреннего кольца подшипника 1 установлены дистанционные кольца 6 и 7 и втулка 8, на которой расположены упорные подшипники 4 с разделительным кольцом 9.

Конструкция опоры обеспечивает условие получения требуемого зазора (натяга) в радиальном подшипнике с помощью регулировочной гайки 5 без передачи монтажной осевой нагрузки на упорные подшипники для предохранения их от деформации дорожек качения. Положение регулировочной гайки после монтажа опоры фиксируется стопором 10.

Передняя опора шпинделя смонтирована в отверстии передней стенки корпуса ползуна 11. Для защиты опоры от загрязнения и утечки смазки служит передний фланец 12. Задняя опора шпиндельного узла станка мод. 675П (см. рис. 4.55)

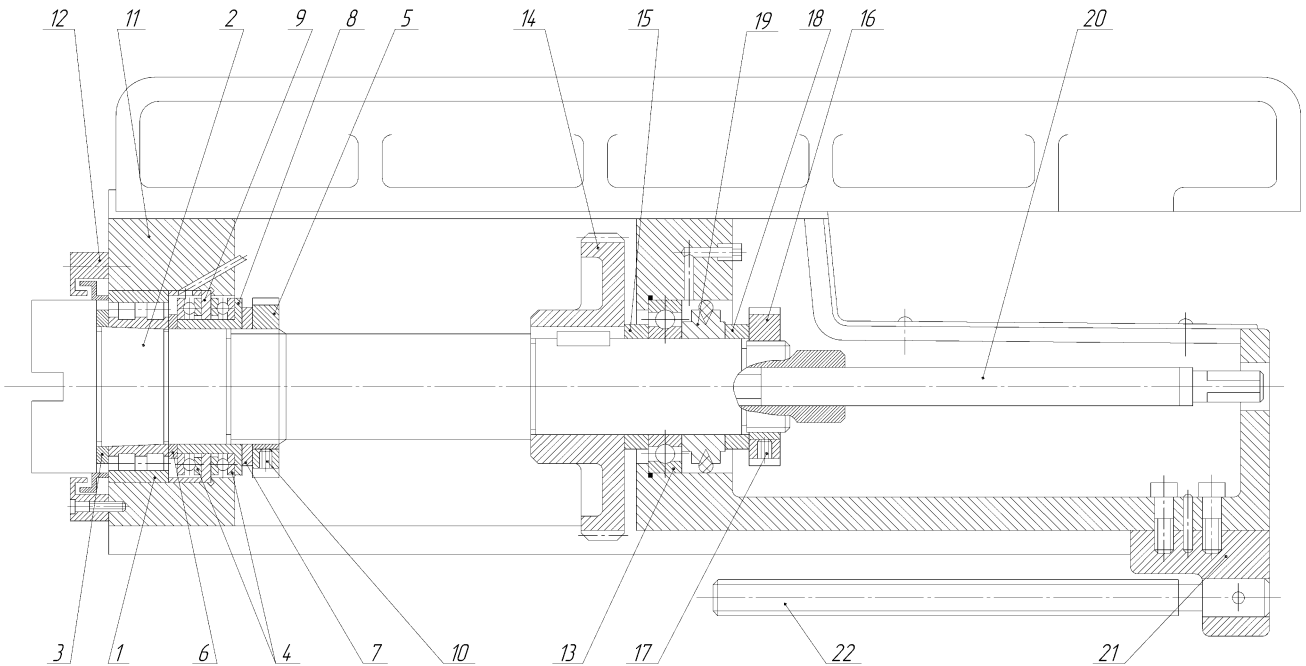


Рис. 4.55. Горизонтальный шпиндельный узел станка мод. 675П

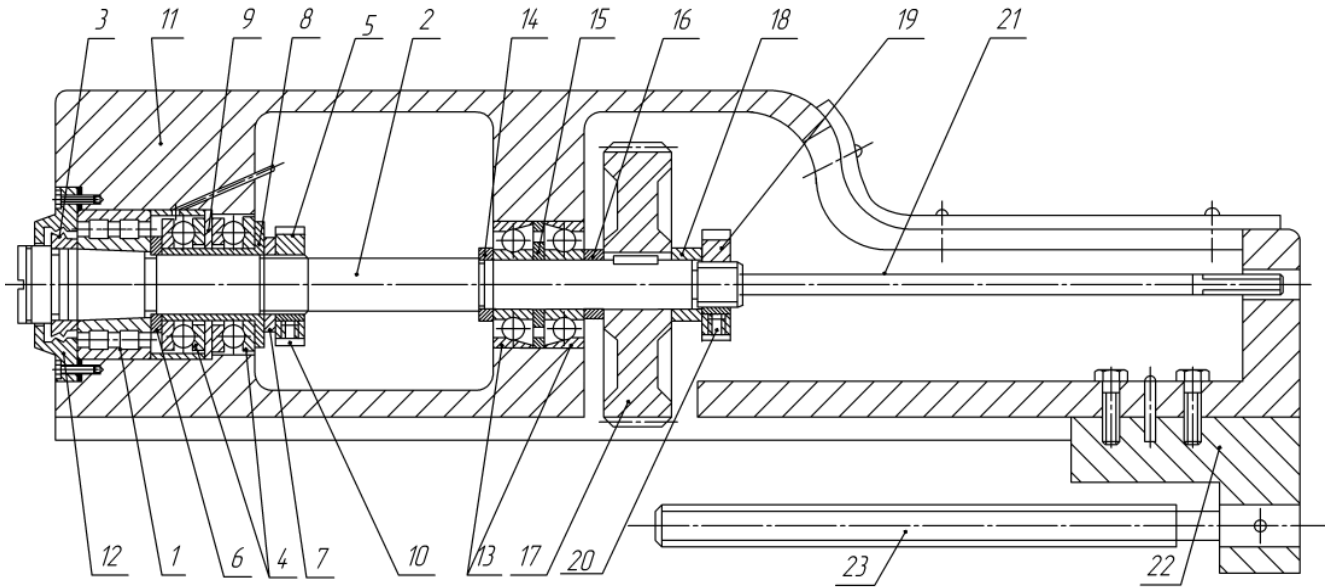


Рис. 4.56. Горизонтальный шпиндельный узел станка мод. 6М76П-1

представлена радиально-упорным шарикоподшипником 13, который установлен на шейке шпинделя с осевым упором внутреннего кольца в торец приводной шестерни 14 через дистанционное кольцо 15. Зазор в подшипнике регулируется гайкой 16 со стопором 17. Передача осевой монтажной нагрузки на подшипник 13 происходит через кольцо 18 и уплотнительное кольцо 19.

Тяга 20 служит для закрепления инструмента в шпинделе.

На кронштейне 21 жестко закреплен ходовой винт 22 поперечной подачи ползуна.

Задняя опора шпиндельного узла станка мод. 6М76П-1 (см. рис. 4.56) состоит из двух радиально-упорных шарикоподшипников 13, установленных в отверстии промежуточной стенки корпуса ползуна 11. В осевом направлении зазор подшипников регулируется упором торцов внутренних колец в дистанционные кольца 14, 15 и 16, ступицу приводной шестерни 17 и кольца 18 с помощью гайки 19, положение которой фиксируется стопором 20. Тяга 21 служит для закрепления инструмента в шпинделе. Кронштейн 22 жестко закреплен на корпусе ползуна 11. На нем, в свою очередь, жестко закреплен ходовой винт 23 поперечной подачи ползуна. В отличие от станка мод. 675П на станке мод. 6М76П-1 приводная шестерня 17 расположена на консольной части шпинделя.

Вертикальная шпиндельная головка станков мод. 675П и 6М76П-1 имеет одно конструктивное решение и отличается только размерами.

Шпиндельный узел и редуктор, обеспечивающий передачу крутящего момента от горизонтального шпинделя, смонтированы в корпусе 1 (рис. 4.57). Шпиндель 2 с опорами смонтирован в подвижной в осевом направлении гильзе 3. Передняя опора шпинделя – радиальный двухрядный роликовый подшипник 4, установленный на конической шейке шпинделя с натягом, с дополнительной базой по торцу внутреннего кольца на торец дистанционного кольца 5, упирающегося в уступ шпинделя. В отличие от ранее рассмотренных конструкций шпиндельных узлов, наружное кольцо подшипника 4 данного

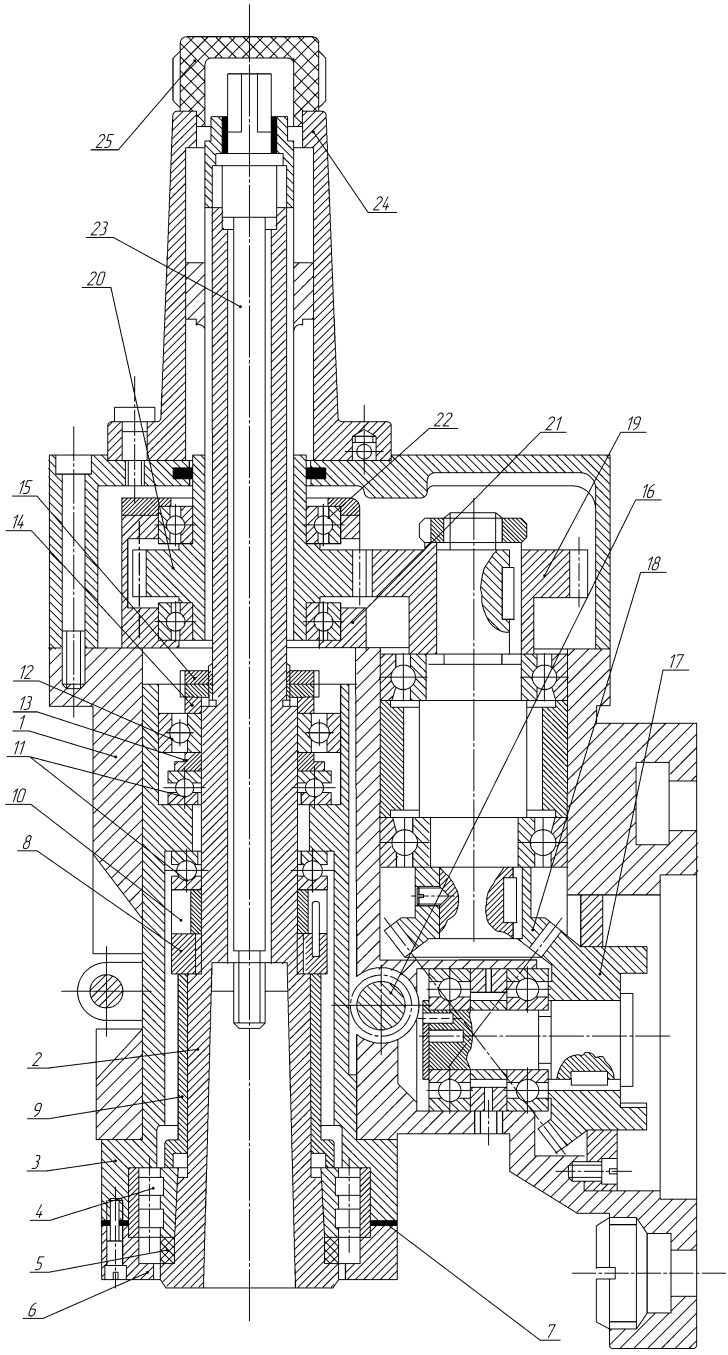


Рис. 4.57. Вертикальная шпиндельная головка станка мод. 6М76П-1

шпиндельного узла зафиксировано между уступом гильзы 3 и передним (нижним) фланцем 6, положение которого регулируется подбором прокладок 7. Точность базирования подшипника обеспечивается наличием между регулировочной гайкой 8 длинной втулки 9, установленной с посадкой на цилиндрическую шейку шпинделя. Положение гайки 8 после установления требуемого зазора (натяга) подшипника 4 фиксируется с помощью стопорного кольца 10, которое служит также опорой одного из упорных подшипников 11, составляющих в комплексе с радиальным шарикоподшипником 12 заднюю опору шпинделя. Упорные подшипники 11 разделены уступом гильзы 3. Положение подшипников задней опоры определяется размерами дистанционных колец 13 и 14 и фиксируется регулировочной гайкой 15.

Осевое перемещение шпиндельной гильзы осуществляется вручную в наладочном режиме. Для этого на одной стороне цилиндрической части гильзы нарезана рейка, которая образует с реечным колесом 16 передачу с выходом на маховик ручной подачи. Вертикальная головка закрепляется на передней стенке ползуна станка винтами, которые устанавливаются в Т-образные пазы фланца корпуса 1, при этом ступица конической шестерни 17 заходит в пазы головки горизонтального шпинделя станка (см. рис. 4.55 и 4.56). Коническая шестерня 17 является приводной редуктора вертикальной головки, состоящего из конической зубчатой пары 17 и 18 и цилиндрической зубчатой пары 19 и 20. Шестерня 20 установлена на шлицевой шейке шпинделя. Ступица шестерни 20 по наружному диаметру установлена в корпусе 21 на радиальных шарикоподшипниках 22.

Шток 23 служит для закрепления инструмента, его хвостовик размещен в колонке 24, которая сверху закрыта колпачком 25.

Механизм продольной подачи стола станка мод. 675П смонтирован в корпусе консоли. Стол 1 перемещается по направляющим консоли 2 в продольном направлении (рис. 4.58) с помощью винтовой пары скольжения. Ходовой винт 3 установлен на радиальных опорах скольжения 4 и 5. Осевая

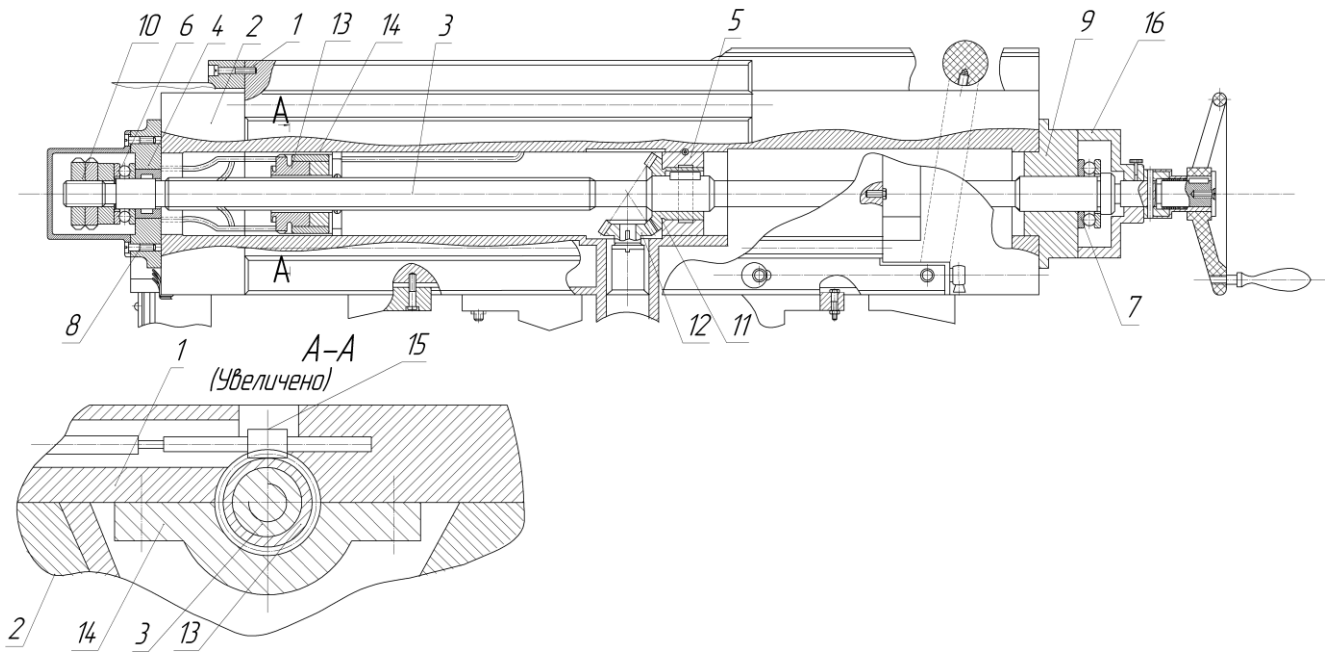


Рис. 4.58. Механизм продольной подачи стола станка мод. 675П

нагрузка от усилия подачи воспринимается упорными шарикоподшипниками 6 и 7. Подшипник скольжения 4 установлен на цилиндрической шейке ходового винта и в отверстие кронштейна 8, который закреплен на боковой стороне консоли. На противоположной стороне винта, между торцом направляющей 9 и уступом, на цилиндрической шейке винта установлен упорный шарикоподшипник 7. Необходимый зазор (натяг) в подшипниках образуется регулировочными гайками 10. Опора скольжения 5 служит одновременно опорой для ступицы конического колеса 11, неподвижно установленного на шейке ходового винта 3, и второй опорой этого винта. Коническая шестерня 11 получает вращение от выходного конического валашестерни привода подачи 12.

Движение подачи на стол 1 передается гайкой 13, корпус 14 которой жестко закреплен на столе 1. Гайка 13 состоит из двух полугаек; для регулировки зазора в винтовой паре полугайки проворачиваются одна относительно другой с помощью червяка 15.

Корпус 16 служит для защиты опор винта от загрязнения, установки на нем лимба отсчета величины перемещения и устройства ручного перемещения стола.

На рис. 4.59 показан ходовой винт привода продольной подачи стола станка мод. 6М76П-1. Конструкция винтовой пары данного станка во многом схожа с аналогичной конструкцией станка мод. 675П. Отличительной особенностью является наличие промежуточного вала ХХ ручной подачи (см. кинематическую схему рис. 4.54). Кроме того, приводная шестерня 12 цилиндрическая, что исключает возникновение осевых нагрузок от привода. В результате чего конструкция ходового винта упрощена.

4.4.2. Горизонтальный универсальный консольный фрезерный станок мод. 6Б75В

Фрезерный станок мод. 6Б75В высокой точности предназначен для использования в условиях основного и инструментального единичного и мелкосерийного производства. На

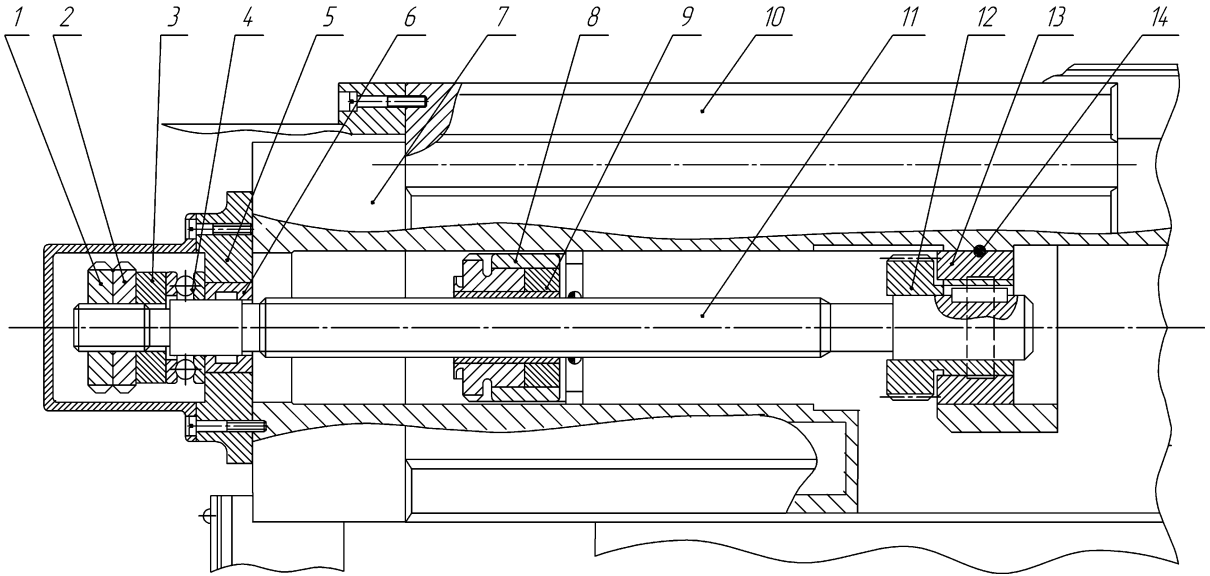


Рис. 4.59. Ходовой винт продольной подачи станка мод. 6М76П-1:

1, 2 – регулировочная гайка; 3 – дистанционное кольцо; 4 – упорный шарикоподшипник; 5 – кронштейн; 6 – подшипник скольжения; 7 – корпус консоли; 8 – корпус гайки; 9 – гайка ходового винта; 10 – стол; 11 – ходовой винт; 12 – приводная шестерня, 13 – втулка подшипника; 14 - стопор

станке выполняются фрезерные, сверлильные, расточные и другие виды работ с использованием цилиндрических, дисковых торцевых, концевых, шпоночных, фасонных и других фрез с различными углами наклона.

Станок имеет два шпинделя: горизонтальный и вертикальный с общим приводом от одного электродвигателя. Привод однокоординатного стола, ползуна шпиндельной бабки и вертикально подвижной консоли тоже общий - от регулируемого электродвигателя постоянного тока.

Технические характеристики станка мод. 6Б75В

Размеры рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	500х200
Расстояние от оси горизонтального шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	80…380
Расстояние от торца вертикального шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	0…300
Конус отверстия шпинделя	Морзе № 4
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	320
вертикальное	300
Наибольшее горизонтальное перемещение шпиндельной бабки, мм	200
Наибольшее осевое перемещение вертикального шпинделя, мм	60
Частота вращения шпинделей, $мин^{-1}$	31,5…2240,0
Подача стола, консоли и шпиндельной бабки (бесступенчатое регулирование), мм/мин	8…400
Электродвигатель привода шпинделей:	
мощность, кВт	1,5
частота вращения, $мин^{-1}$	1420
Электродвигатель привода подач:	
мощность, кВт	0,37
номинальная частота вращения, $мин^{-1}$	3000

Кинематика станка мод. 6Б75В обеспечивает механическое и ручное перемещение стола в вертикальном и продоль-

ном направлениях, а также механическое перемещение шпиндельной бабки с бесступенчатым регулированием величины подачи от двигателя постоянного тока. Подвижная шпиндельная бабка с совмещенным приводом от асинхронного односкоростного электродвигателя имеет два шпинделя: горизонтальный и вертикальный в поворотной головке. Шпиндельная бабка смонтирована в ползуне.

Кинематическая схема станка мод. 6Б75В представлена на рис. 4.60. Привод главного движения, размещенный в ползуне, имеет коробку скоростей, обеспечивающую передачу на оба шпинделя 32-х ступеней через редукторы $\frac{40}{40}$ и $\frac{20}{20} \cdot \frac{30}{30}$.

Горизонтальный шпиндель на конце имеет коническую шестерню (Z = 40), к которой может подключаться коническая шестерня (Z = 16), имеющая выход наружу для соединения с поворотными устройствами, используемыми при выполнении сложных работ зубонарезания или профильного фрезерования.

Привод подач обеспечивает движение ползуна шпиндельной бабки, продольное движение стола и вертикальное перемещение консоли от одного регулируемого электродвигателя с помощью пяти редукторов, от которых через кулачковые муфты вращение получают ходовые винты.

Горизонтальный шпиндельный узел станка мод. 6Б75В (рис. 4.61) смонтирован на подшипниках качения в ползуне, во второй половине которого расположена коробка скоростей. Передняя опора шпинделя 1 состоит из двухрядного роликового подшипника с коническим кольцом 2 и двух упорных шарикоподшипников 3. В отличие от шпинделей станков мод. 675П и 6М76П-1 (см. рис. 4.55 и 4.56) дистанционное базирующее кольцо 4 фиксируется гайкой 5 с лабиринтом, удерживающим смазку. Смазка к роликовому подшипнику подается через отверстие в стенке корпуса 6 и переднего фланца 7 по трубопроводу. Упорные подшипники 3 установлены на длинной втулке 8, что обеспечивает повышенную точность базирования внутреннего кольца подшипника 2, кроме того, точность установки

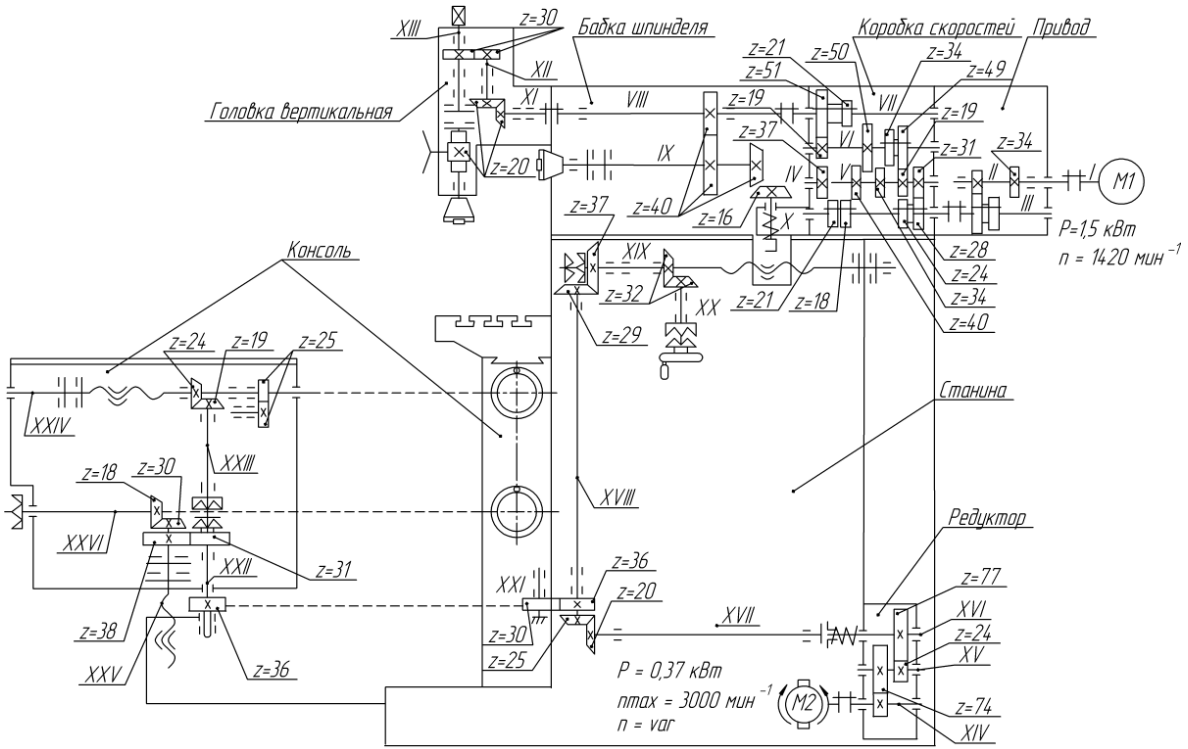


Рис. 4.60. Кинематическая схема станка мод. 6Б75В

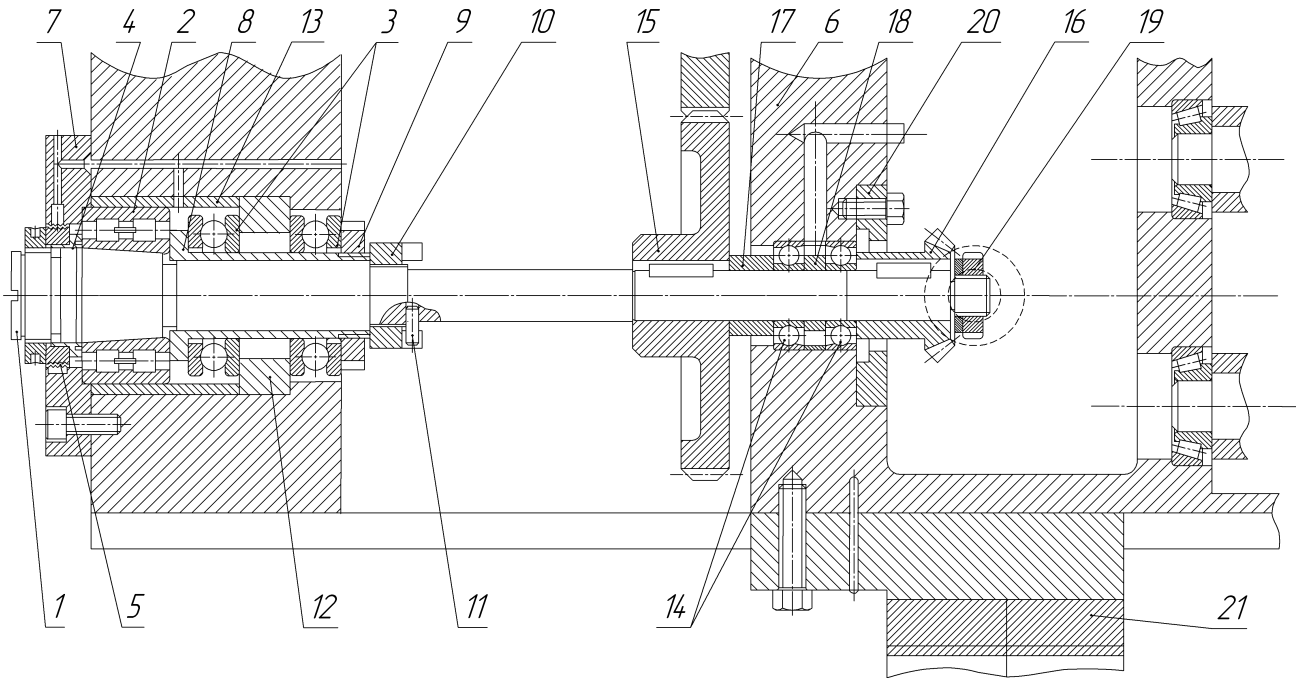


Рис. 4.61. Горизонтальный шпиндельный узел станка мод. 6Б75В

требуемого для нормальной работы зазора упорных подшипников обеспечивается гайкой 9, установленной на резьбовом конце втулки 8. Натяг (зазор) подшипника 2 устанавливается регулировочной гайкой 10 со стопором 11.

Задняя опора шпинделя смонтирована из двух радиально-упорных шарикоподшипников 14, установленных с натягом (зазором). Подшипники находятся между ступицами двух зубчатых колес 15 и 16. Рабочий зазор задается регулировочной гайкой 19 с помощью дистанционных колец 17 и 18. Подшипники закрыты фланцем 20.

Ползун со шпинделем перемещается гайкой ходового винта, установленной в корпусе 21, жестко закрепленном на ползуне.

Механизм продольного перемещения стола станка мод. 6Б75В (рис. 4.62) имеет типовую конструкцию, основанную на использовании пары «ходовой вин – гайка скольжения» с передачей вращения на ходовой винт. Ходовой винт 7 составной конструкции. Резьбовая (рабочая) часть винта 7 установлена на двух опорах, одна из которых комплексная. Первая опора смонтирована в кронштейне 11, жестко закрепленном на корпусе консоли 19. Она состоит из упорных шарикоподшипников 10, 12 и радиального 13. Вторая образована радиальным шарикоподшипником 6.

На конце рабочей части винта установлена коническая шестерня 5, которая находится в зацеплении с валом-шестерней 20 привода подачи, включаемого муфтой. Стол 8 перемещается по направляющим консоли гайкой 18, корпус 9 которой закреплен на столе.

Хвостовая часть ходового винта соединена с рабочей жесткой муфтой 21 и имеет опору 3 – радиальный шарикоподшипник. Требуемый для нормальной работы винтовой пары зазор устанавливается натяжением винта регулировочными гайками 1 и 2.

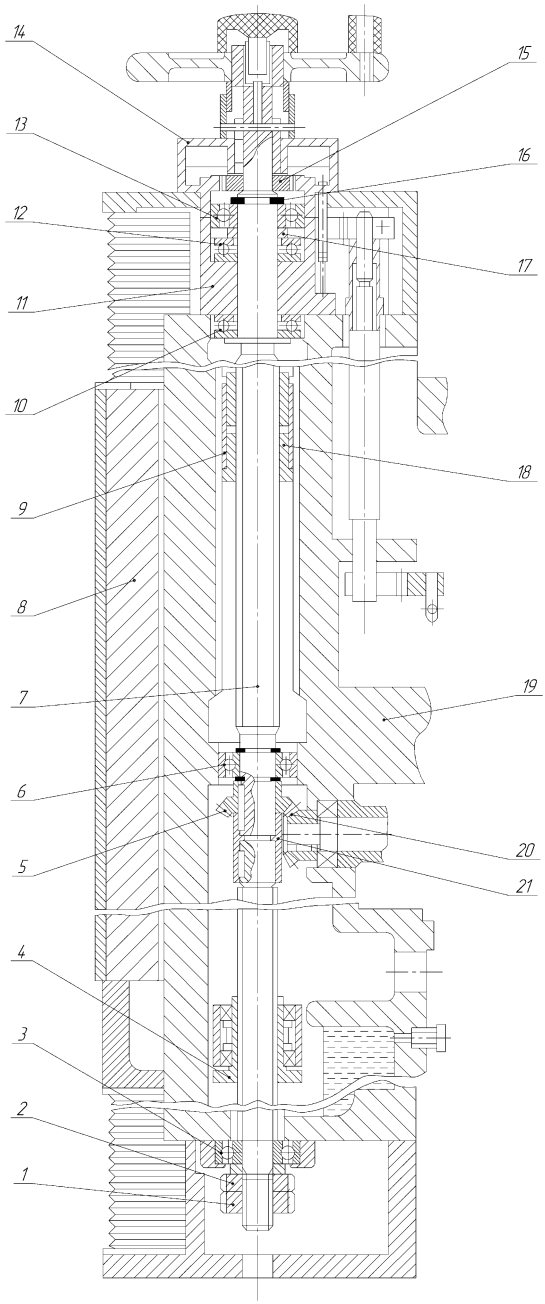


Рис. 4.62. Механизм продольного перемещения стола станка мод. 6Б75В

4.4.3. Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6Р82Ш

Станок предназначен для обработки металлических моделей, штампов и прессформ цилиндрическими, дисковыми, концевыми и фасонными фрезами. Дополнительная накладная шпиндельная головка позволяет обрабатывать на станке крупногабаритные детали, а также выполнять простейшие расточные операции. Поворотная шпиндельная головка смонтирована на выдвижном хоботе, жестко фиксируемом в установленном при наладке положении. Накладная головка устанавливается на переднем поворотном фланце и обеспечивает работу шпинделя под любым углом в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. На станке мод. 6Р82Ш, в отличие от универсальных фрезерных станков, установлен трехкоординатный стол, что значительно повышает его технологические возможности.

Техническая характеристика станка мод. 6Р82Ш

Размер рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	1250х320
Расстояние от оси горизонтального шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	30…450
Расстояние от оси шпинделя поворотной головки до вертикальных направляющих стойки, мм	260…820
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	700
поперечное	260
вертикальное	420
Конус отверстия шпинделя:	
горизонтального	№ 3
поворотного	№ 2
Наибольший угол поворота шпинделя, град.	360
Количество скоростей шпинделя:	
горизонтального	18
поворотного	12
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$:	
горизонтального	31,5…1600,0

поворотного	90…1400
Количество подач стола	18
Подача стола, мм/мин:	
продольная	25…1250
поперечная	25…1250
вертикальная	8,3…416,0
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин:	
продольная	3000
поперечная	3000
вертикальная	1000
Электродвигатель привода горизонтального шпинделя:	
мощность, кВт	7,0
частота вращения, мин$^{-1}$	1460
Электродвигатель привода поворотного шпинделя:	
мощность, кВт	2,2
частота вращения, мин$^{-1}$	1430
Электродвигатель привода подач стола:	
мощность, кВт	2,2
частота вращения, мин$^{-1}$	1430
Габарит станка (длина х ширина х высота), мм	2260х1745х1840

Кинематика широкоуниверсального фрезерного станка мод. 6Р82Ш обеспечивает возможность как раздельной, так и одновременной работы обоих шпинделей; осуществляет механические подачи и быстрые перемещения стола по трем координатам, а также автоматическое движение по замкнутому маятниковому или скачкообразному циклу.

Скорости шпинделей и подачи стола переключаются селективными механизмами коробок скоростей и подач.

Управление кнопочно-рукояточного типа дублировано спереди и с левой стороны станка. Станок имеет все необходимые блокировочные и предохранительные устройства.

Кинематическая структура станка (рис. 4.63) обеспечивает кинематические связи станка для осуществления следующих формообразующих движений:

- две кинематические цепи главного движения (скоростные цепи, определяющие скорость резания $В_1$ и $В_2$);

- цепи подач: продольных – $П_3$, поперечных – $П_4$ и вертикальных $П_5$. Установочные движения выполняются вручную.

Кинематическая схема станка мод. 6Р82Ш представлена на рис. 4.64. Привод горизонтального шпинделя осуществляется по кинематической цепи от двигателя М1 через систему зубчатых колес с числом ступеней передач 3 х 3 х 2 = 18.

Привод шпинделя поворотной головки расположен в хоботе станка и осуществляется по кинематической цепи от двигателя М2 через систему зубчатых колес с числом ступеней передач 2 х 3 х 2 = 12 и редуктор с двумя парами конических колес.

Кинематическая цепь привода подач берет начало от двигателя М2, затем через систему зубчатых передач до вала XIII, от которого через редукторы вращение передается на ходовые винты продольной и поперечной подач, а также на винт вертикальной подачи.

На станке предусмотрены короткие кинематические цепи для ускоренного перемещения стола по всем трем координатам. Двигатели приводов реверсивные.

Горизонтальный шпиндельный узел станка мод. 6Р82Ш смонтирован в корпусе стойки. Особенностью конструкции шпиндельного узла является наличие третьей поддерживающей опоры (рис. 4.65). Основные радиальные и осевые нагрузки воспринимают передняя и средняя опоры. В передней опоре использован двухрядный роликовый подшипник 7 с коническим внутренним кольцом, базируемым по конической шейке шпинделя 16 и торцу дистанционных полуколец 8. В отличие от ранее рассмотренных конструкций регулирование осевого зазора производится подшлифовкой полуколец 8, а необходимый натяг создается с помощью регулировочной гайки 1 с последовательной передачей нагрузки через кольцо 17, кольца подшипников 2, ступицу колеса 4, кольцо 13 и ступицу колеса 5.

При этом одновременно регулируется зазор (натяг) в передней и средней опорах. В передней опоре положение кольца 11, удерживающего полукольца 8, фиксируется в осевом направлении пружинным кольцом 10. Осевое положение наружного кольца подшипника 7 также фиксируется пружинным кольцом 12. Усилие натяга от регулировочной гайки 1 на внутреннее кольцо подшипника 7 передается через дистанционные кольца 17 и 14, внутренние кольца радиально-упорных подшипников 2, ступицу приводного колеса 4, втулку 13 и ступицу приводного колеса 5.

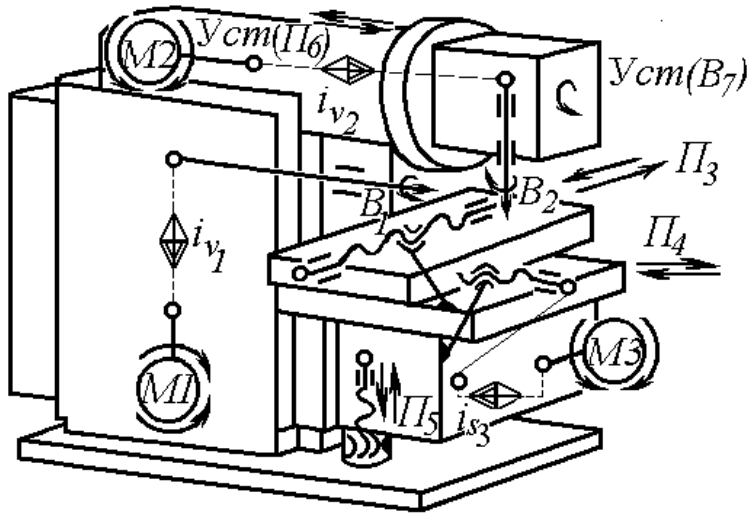


Рис. 4.63. Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6Р82Ш

Хвостовик шпинделя поддерживается радиальным шарикоподшипником 19.

В хоботе станка размещен привод поворотной головки пониженной мощности (рис. 4.66). Корпус поворотной головки 14 фланцем, базирующимся кольцевым выступом на торцовой площадке хобота, через промежуточную плиту крепится болтами в нужном положении. К валу привода головка подключается кулачковой муфтой 1 (рис. 4.66, *а*).

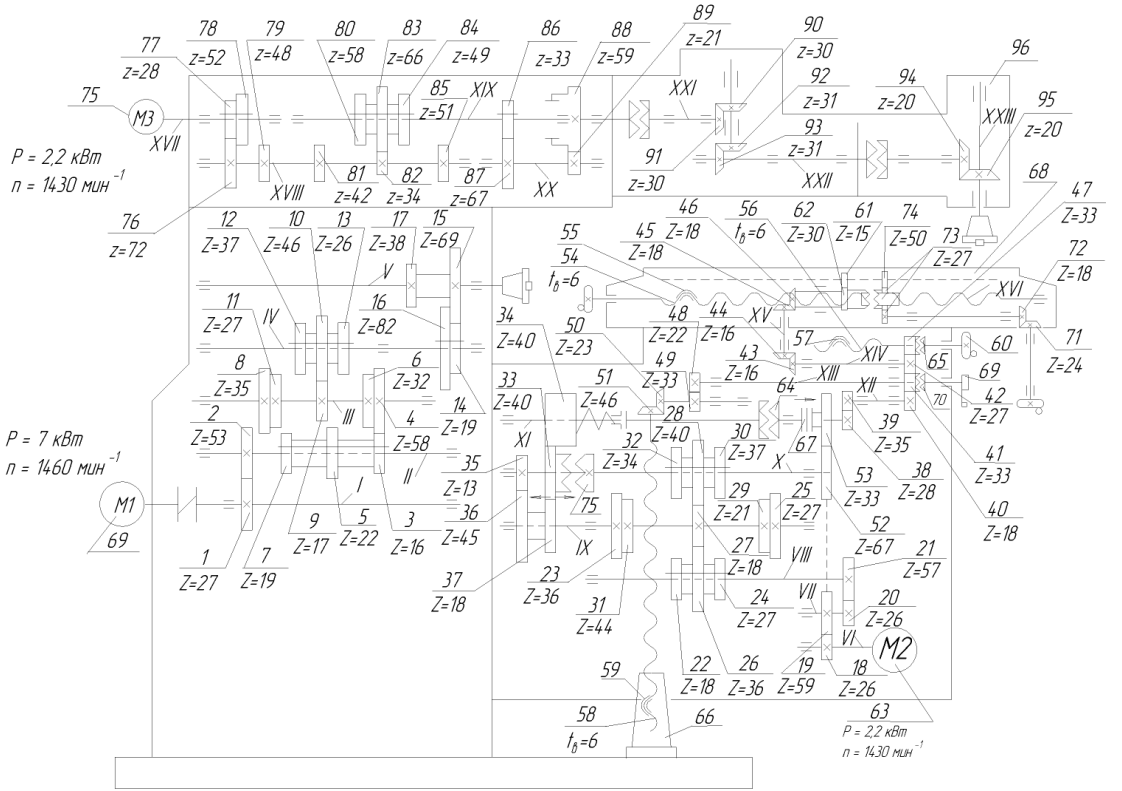


Рис. 4.64. Кинематическая схема широкоуниверсального фрезерного станка мод. 6Р82Ш

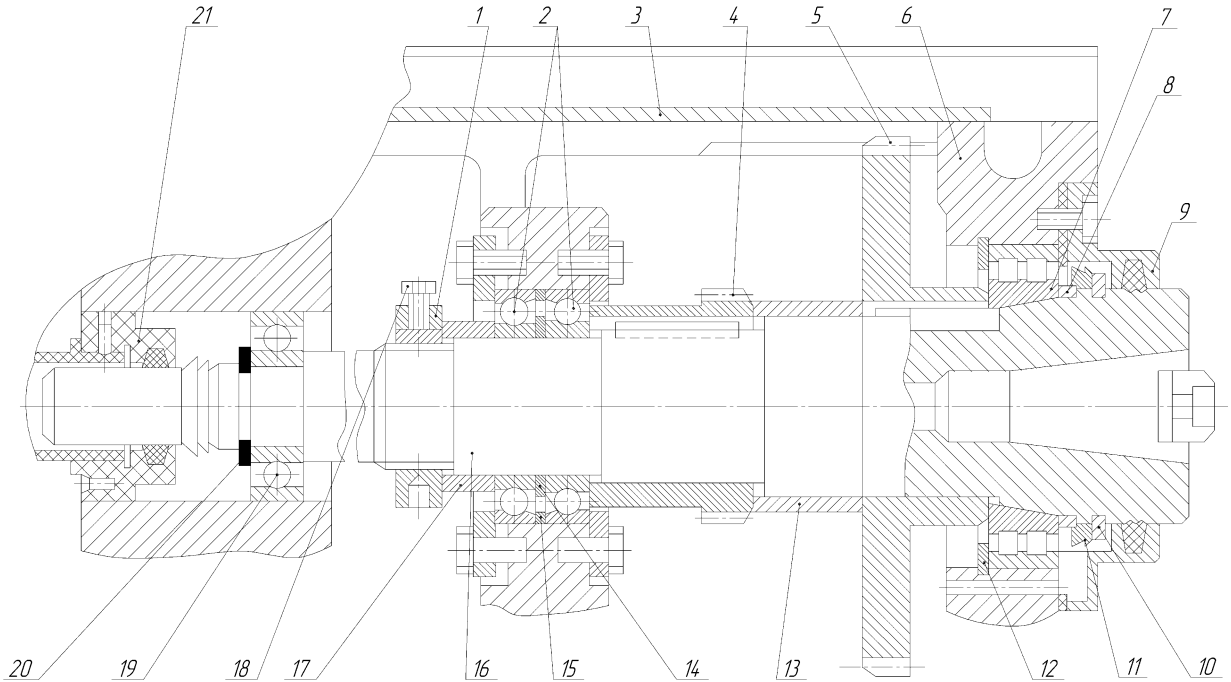
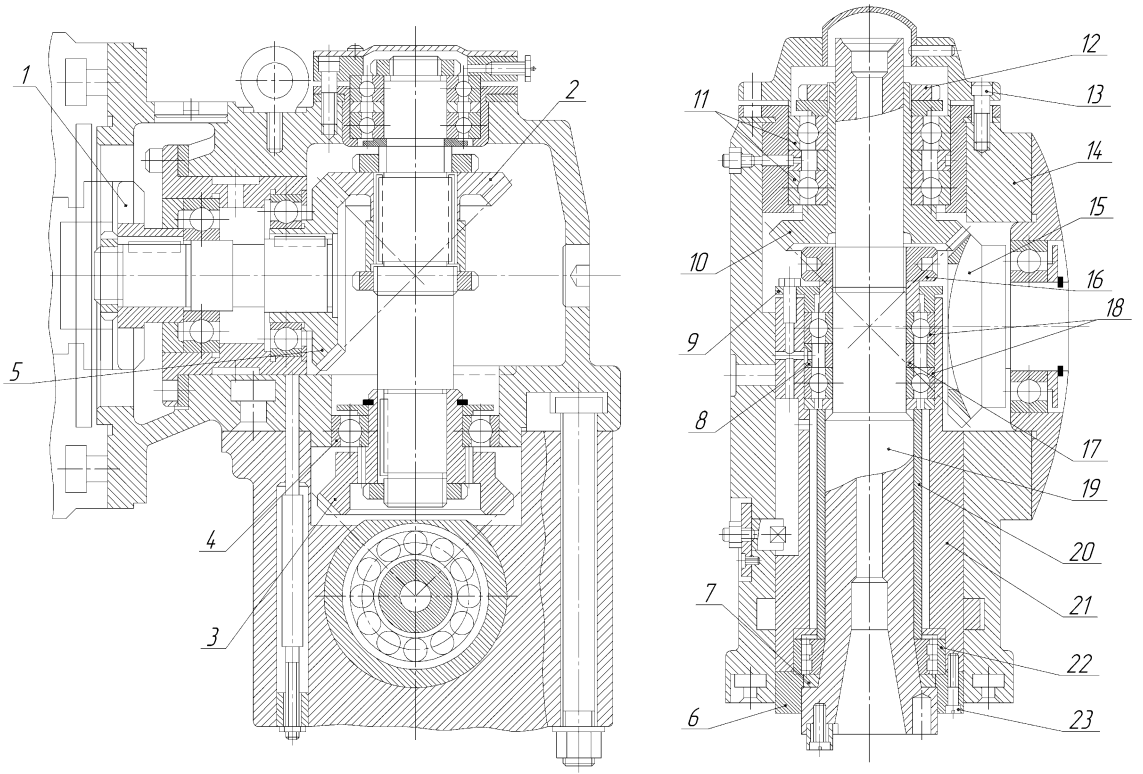


Рис. 4.65. Горизонтальный шпиндельный узел станка мод. 6Р82Ш



а *б*

Рис. 4.66. Поворотная шпиндельная головка станка мод. 6Р82Ш

На шпиндель 19 вращение передается через редуктор с коническими колесами 5, 2, 3, 15 и 10. Двухопорный шпиндель головки смонтирован в подвижной в осевом направлении пиноли 21 (рис. 4.66, *б*). В передней (нижней) опоре шпинделя типовой конструкции использован двухрядный роликовый подшипник 22, базирующийся по конической шейке шпинделя 19 и торцу дистанционного кольца 7. Наружное кольцо подшипника 22 торцом упирается в передний (нижний) фланец 6, закрепленный на торце пиноли 21 винтами 23. Задняя (верхняя) опора шпинделя образована двумя радиально-упорными подшипниками 18. Регулировка требуемого зазора в опорах для нормальной работы шпинделя осуществляется подшлифовкой нижнего дистанционного кольца 7 втулки 20 и дистанционных колец задней (верхней) опоры. Настройка рабочего зазора в радиально-упорных подшипниках 18 производится верхним фланцем 9 пиноли. В переднем подшипнике 22 настройка рабочего зазора осуществляется регулировочной гайкой 16 с последовательной передачей усилия через дистанционные и внутренние кольца подшипников 18 на втулку 20.

Приводная шестерня 10 установлена на шлицевом конце шпинделя и имеет собственную опору из двух радиально-упорных шарикоподшипников 11. На одной стороне пиноли 21 нарезана рейка. С помощью реечной пары и маховика пиноль устанавливается в наладочном режиме на нужный размер. Ручной привод на рисунке не показан.

Накладная головка (рис. 4.67) крепится к поворотной головке фланцем корпуса 5 и фиксируется болтами в Т-образном пазу. Она центрируется муфтой 3 по коническому отверстию шпинделя поворотной головки. Крутящий момент передается торцовой шпонкой шпинделя на вал-шестерню 8 муфтой 3. Вал-шестерня установлен в гильзе 7 на радиально-упорных подшипниках 2. На шпиндель 10 вращение передается конической шестерней 15. Опоры шпинделя конструктивно аналогичны опорам шпинделя поворотной головки. Регулировка зазора осуществляется гайкой 21 и фиксируется стопором 22.

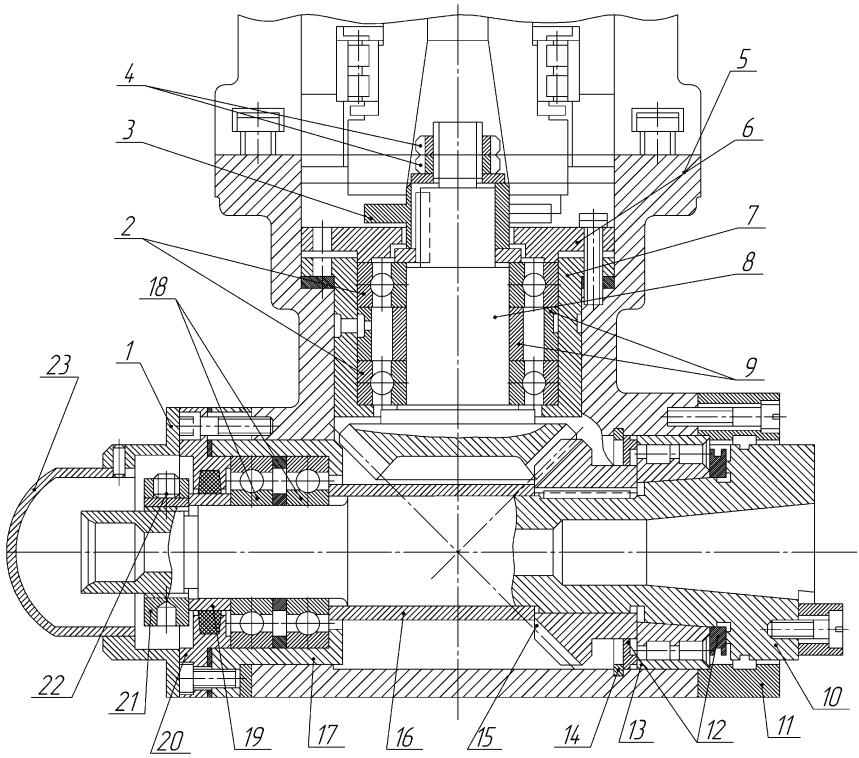


Рис. 4.67. Накладная шпиндельная головка станка мод. 6Р82Ш:

1 – корпус; 2 – радиально-упорные подшипники; 3 – муфта; 4 – гайка; 5 – корпус; 6 – фланец; 7 – гильза; 8 – вал-шестерня; 9 – кольцо; 10 – шпиндель; 11 – передний фланец; 12 – дистанционное кольцо; 13 – двухрядный роликовый подшипник; 14 – пружинное кольцо; 15 – шестерня; 16 – втулка; 17 – корпус подшипника; 18 – радиально-упорный подшипник; 19 – дистанционное кольцо; 20 – фланец; 21 – гайка; 22 – стопор; 23 - кожух

Механизм продольной подачи стола станка мод. 6Р82Ш (рис. 4.68) обеспечивает перемещение стола 7 по направляющим поворотной плиты 16. Стол и плита смонтированы на салазках 21. Ходовой винт 3 получает вращение через скользящую шпонку гильзы 18, установленную во втулках 9 и 12. Гильза 18 получает вращение от конического зубчатого колеса 8, жестко связанного с втулкой 9, при включении кулачковой муфты 11. Зубчатые венцы втулки 9 и муфты 11 служат для подключения приводной части поворотного стола станка.

Гайка ходового винта состоит из двух полугаек 4 и 5. Полугайка 5 жестко закреплена в корпусе 6, жестко закрепленном на плите 16. Полугайка 4 подвижна и может проворачиваться от червяка 22. При упоре в торец полугайки 5, проворачиваясь, полугайка 4 выбирает зазор в винтовом соединении. Допустимый люфт в винтовой паре равен 4-5 градусам. Люфт проверяется маховиком вручную, после регулирования гайка фиксируется.

Коническая шестерня 19 установлена на конце конического вала-шестерни привода подачи.

Ходовой винт 3 установлен в двух опорах, состоящих из радиальных шарикоподшипников 2 и 13 и упорных шарикоподшипников 1 и 14. Опоры ходового винта размещены в кронштейнах, жестко закрепленных на торцах стола.

4.4.4. Вертикально-фрезерные станки

Вертикально-фрезерные станки выпускаются двух типов – консольные и бесконсольные. Для консольных станков характерна малая мощность, так как размещение стола на вертикально-подвижной консоли определяет низкую жесткость станка и, следовательно, ограничивает нагрузки от резания.

Бесконсольные вертикально-фрезерные станки обладают высокой жесткостью за счет размещения двухкоординатного стола непосредственно на направляющих жесткого основания. Их применяют для фрезерования крупных деталей с большой толщиной срезаемого слоя. Бесконсольные станки имеют

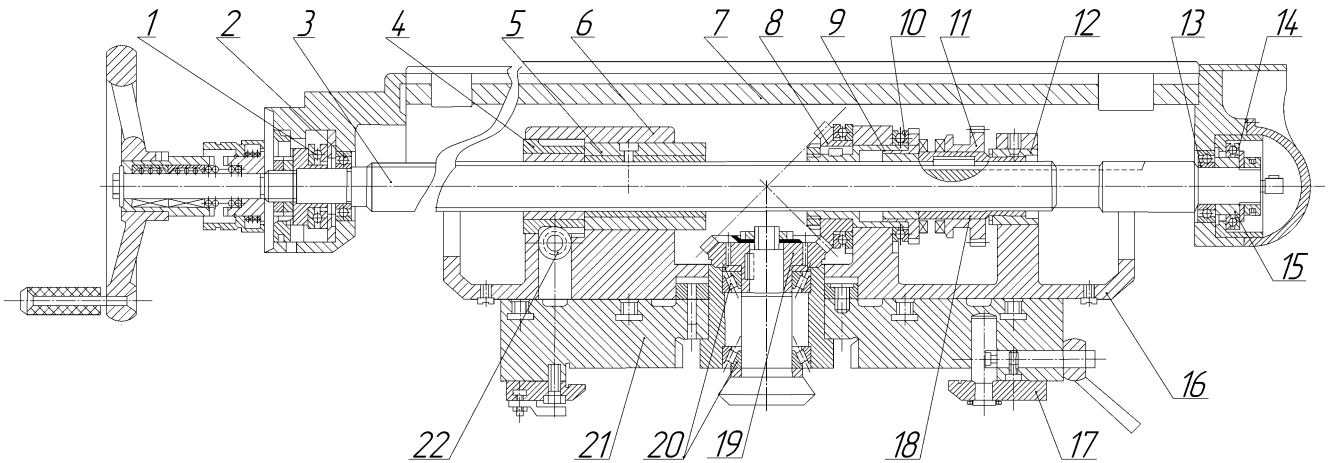


Рис. 4.68. Механизм продольной подачи станка мод. Р82Ш

большую мощность, высокие частоты вращения шпинделя и величины подач.

4.4.4.1. Вертикально-фрезерный консольный станок мод. 6Р12П предназначен для фрезерования различных деталей из стали, чугуна и цветных металлов, главным образом торцовыми, концевыми фрезами из быстрорежущих сталей и твердых сплавов.

На станке можно обрабатывать вертикальные, горизонтальные и наклонные плоскости, пазы, рамки. При использовании поворотного стола или делительной головки появляется возможность обрабатывать фасонные и зубчатые поверхности. Станок 6Р12П повышенной точности и может использоваться в условиях разносерийного производства.

Техническая характеристика станка мод. 6Р12П

Размер рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	1250х320
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	30…400
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих стойки, мм	350
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	700
поперечное	240
вертикальное	370
Внутренний конус шпинделя	№ 3
Наибольшее осевое перемещение шпинделя, вертикальное (вручную), мм	70
Наибольший угол поворота шпиндельной головки, град.	±45
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	31,5…1600,0
Подача стола, мм/мин:	
продольная	25…1250
поперечная	25…1250
вертикальная	8,3…416,6
Мощность электродвигателя, кВт:	
главного движения	7,0
подачи	1,7

Частота вращения электродвигателя, мин$^{-1}$:

главного движения	1440
подачи	1420
Габарит станка (длина х ширина х высота), мм	2260х1745х2000

Кинематика станка мод. 6Р12П обеспечивает 18 ступеней частот вращения шпинделя и 18 ступеней подач стола по трем координатам от двух фланцевых асинхронных реверсивных электродвигателей.

Коробка скоростей смонтирована непосредственно в верхней части корпуса стойки. Коробка подач представляет собой самостоятельный узел, смонтированный на корпусе консоли, к которому он привертывается винтами и фиксируется контрольными штифтами.

Кинематическая структура станка (рис. 4.69) дает представление о кинематических связях, участвующих в главном движении B_1 с органом настройки на скорость i_v, и трех кинематических связях движений подач $П_2$, $П_3$ и $П_4$ с общим органом настройки i_s.

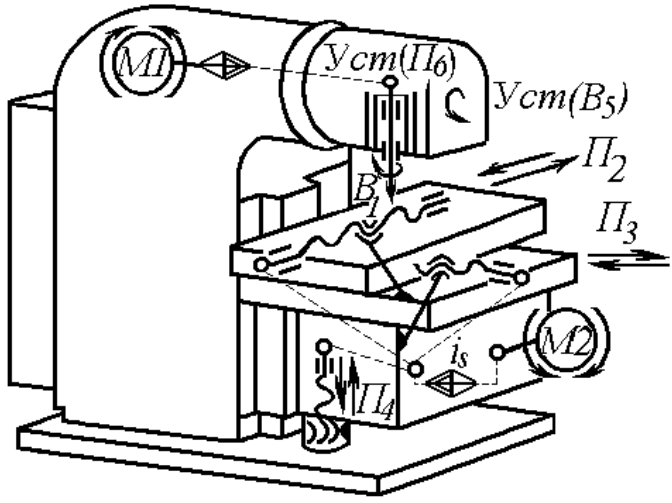


Рис. 4.69. Кинематическая структура вертикально-фрезерного станка

Реверсирование направлением движений производится электродвигателями. Установочные поворот шпиндельной головки и выдвижение гильзы шпинделя осуществляется вручную.

В качестве органа настройки частот вращения шпинделя (рис. 4.70) используется коробка скоростей 3х3х2, от которой вращение на шпиндель передается через редуктор, состоящий из конической $\frac{33}{33}$ и цилиндрической $\frac{49}{49}$ пар.

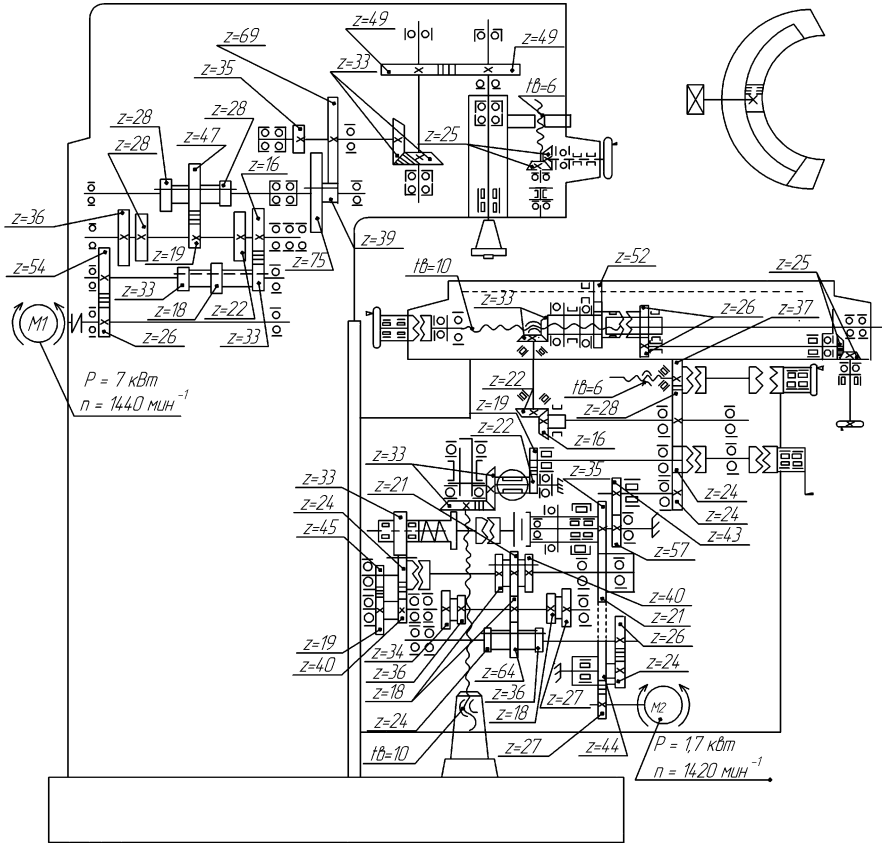


Рис. 4.70. Кинематическая схема
станка мод. 6Р12П

Установочное перемещение шпиндельной гильзы выполняется маховичком с передачей вращения на коническую пару $\frac{25}{25}$, одна из шестерен которой закреплена на винте с шагом 6 мм. Двигатель М2 через шестерни $\frac{27}{44}$ и $\frac{24}{26}$ приводит во вращение входной вал восемьнадцатиступенчатой коробки подач со скоростной цепью. Рабочие подачи настраиваются с помощью переключаемых зубчатых колес, состоящих из двух подвижных трехвенцовых блоков, двух муфт и подвижного зубчатого колеса $Z = 57$, размещенного на выходном валу коробки подач, от которого движение распределяется на три ходовых винта продольной, поперечной и вертикальной подач.

Кинематическая цепь скоростных перемещений стола по трем координатам состоит из ряда паразитных колес, с помощью которых от двигателя М2 с шестерней ($Z = 27$) движение передается на зубчатое колесо ($Z = 35$) на выходном валу коробки подач. Дальнейшая передача движения на ходовые винты аналогична цепи рабочих подач.

Шпиндельный узел станка мод. 6Р12П смонтирован в корпусе поворотной головки 1 (рис. 4.71), которая центрируется в кольцевой выточке горловины стойки 17 и крепится к ней четырмя болтами, которые входят в кольцевой Т-образный паз привалочной плоскости головки.

Шпиндель 14 представляет собой двухопорный вал, смонтированный в выдвижной пинали 20. Передней (нижней) опорой шпинделя служит радиальный двухрядный роликовый подшипник 13. Вторая опора (верхняя) – два радиально-упорных шарикоподшипника 18. Фланец 19, который крепится к пиноли 20 и прижимает подшипники 18 к ее бурту, предохраняет шпиндель от осевых смещений. Передний (нижний) подшипник 13 внутренней обоймой базируется по конической шейке шпинделя с натягом, при этом обойма деформируется, выбирая зазор в подшипнике. Требуемый для нормальной работы подшипника зазор устанавливается подшлифовкой колец 15. Зазор в радиально-упорных подшипниках 18 устанав-

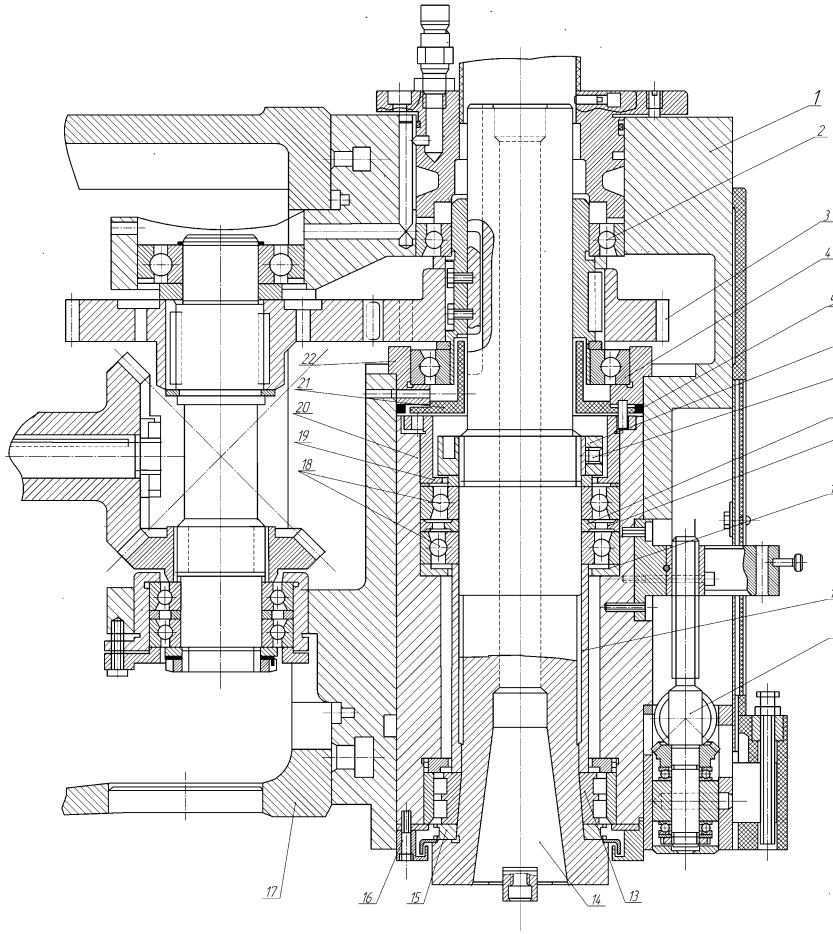


Рис. 4.71. Шпиндельный узел станка мод. 6Р12П:
1 – корпус; 2, 4 – радиальный шарикоподшипник;
3 – колесо зубчатое; 5 – уплотнение; 6 – гайка; 7 – стопор; 8, 9, 10 – установочное кольцо; 11 – втулка;
12 – винт; 13 – двухрядный роликовый подшипник;
14 – шпиндель; 15 – дистанционное кольцо; 16 – фланец; 17 – стойка; 18 – радиально-упорный подшипник;
19 – фланец; 20 – пиноль; 21 – крышка; 22 – корпус подшипника

ливается подшлифовкой дистанционных колец 8, 9 и 10. Натяг подшипника 13 обеспечивает гайка 6 через кольца верхней опоры и втулку 11. Осевое перемещение шпиндельной пиноли осуществляется винтом 12.

Приводная часть механизма продольной подачи двухкоординатного стола станка мод. 6Р12П (рис. 4.72) конструктивно сходна с приводной частью стола станка 6Р82Ш (см. п. 4.4.3, рис. 4.68). Основное различие заключается в конструкции салазок поперечного суппорта: на станке мод. 6Р82Ш салазки сборной конструкции с поворотной плитой, по направляющим которой перемещается стол; на станке 6Р12П направляющие для продольного перемещения стола расположены непосредственно на салазках 23 поперечного суппорта.

4.4.4.2. Бесконсольный вертикально-фрезерный станок мод. 6560

Станок предназначен для фрезерования различных деталей, в основном, торцовыми и концевыми фрезами из различных инструментальных материалов. На станках можно обрабатывать крупные детали различной формы с большой толщиной срезаемого слоя. Класс точности станка Н. Он является базовой моделью для станков с программным управлением.

Техническая характеристика станка мод. 6560

Размеры рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	1600х630
Число частот вращения шпинделя	18
Пределы частоты вращения шпинделя, $мин^{-1}$	25…1250
Пределы подач стола, мм/мин:	
продольная	10…1500
поперечная	10…1500
Быстрый ход стола, мм/мин:	
продольный	2500
поперечный	2500
Пределы подачи шпиндельной бабки, мм/мин	3…500

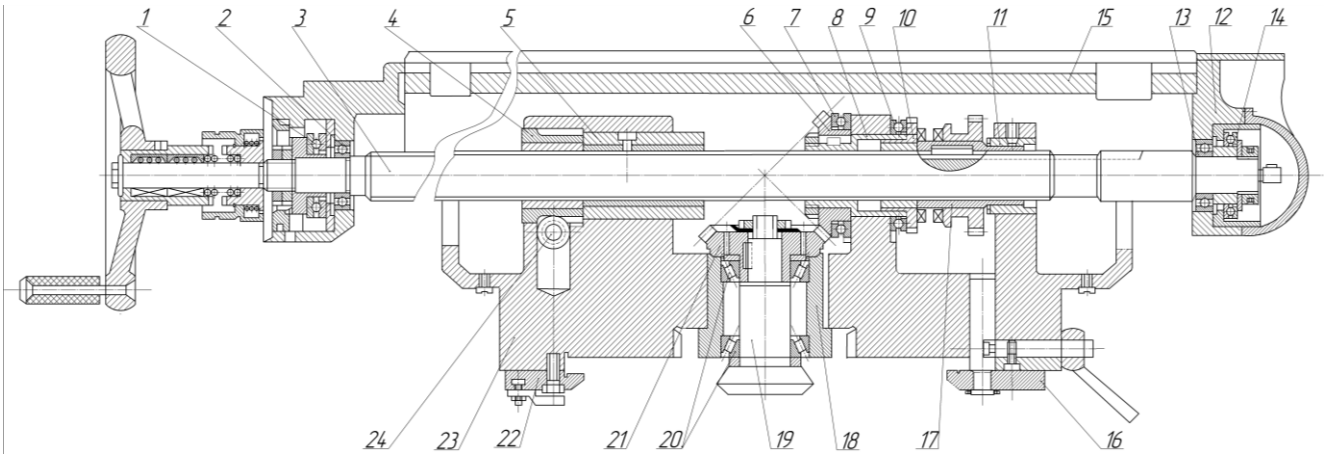


Рис. 4.72. Механизм продольной подачи стола станка мод. 6Р12П:
1 – упорный шарикоподшипник; 2 – радиальный шарикоподшипник; 3 – винт; 4, 5 - полугайка; 6 – втулка; 7, 9 – упорный шарикоподшипник; 8 – втулка; 10 – муфта; 11 – втулка; 12 – кронштейн; 13 – радиальный шарикоподшипник; 14 – упорный шарикоподшипник; 15 – стол; 16, 22 – прижим; 17 – гильза; 18 – корпус; 19 – вол в шестерне; 20 - - конический роликовый подшипник; 21 – коническая шестерня; 22 – прижимная планка; 23 – салазки; 24 - червяк

Быстрый ход шпиндельной бабки, мм/мин	830
Габарит станка (длина х ширина х высота), мм	(3395 х 3900 х 3490)

Кинематика станка мод. 6560

Станок имеет двухкоординатный стол, который перемещается по направляющим станины, и вертикально-подвижную по направляющим стойки шпиндельную бабку. У станка два источника движения: асинхронный реверсивный электродвигатель М1 (рис. 4.73) и регулируемый двигатель постоянного тока М2. Главное движение B_1 шпиндель станка получает от реверсивного двигателя М1. Настройка на скорость осуществляется восемьнадцатиступенчатой коробкой скоростей. Подачи фрезерной бабки и стола изменяются бесступенчато с помощью регулируемого теристорного электропривода с преобразователем тока и двигателем постоянного тока М2. Изменение направления подачи осуществляется реверсивными устройствами, установленными в кинематической цепи каждого вида подачи.

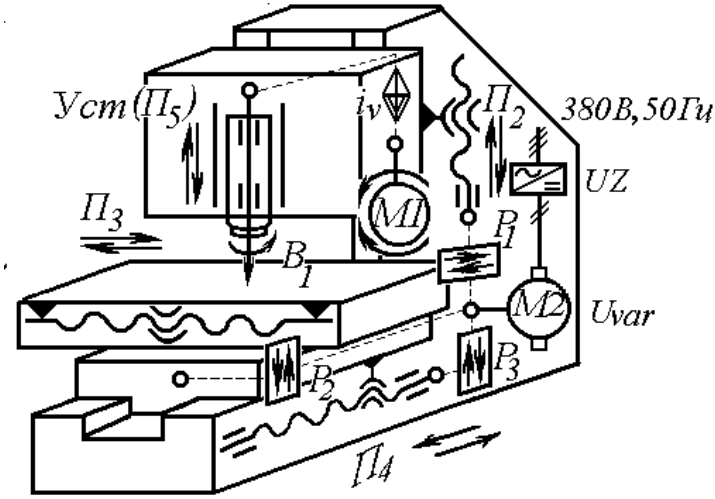


Рис. 4.73. Кинематическая структура вертикально-фрезерного бесконсольного станка

Коробка скоростей станка имеет два подвижных тройных блока Б1 и Б2 (рис. 4.74) и подвижный двойной блок Б3, от которого движение передается на полый вал V и от него на шпиндель VI, размещенный в вертикально подвижной пиноли. Перемещение пиноли производится вручную от маховика 3 через передачи $\frac{18}{45}\cdot\frac{18}{45}$ и однозаходный червяк при настройке станка на определенную операцию обработки.

Отсчет величины вертикального перемещения шпиндельной бабки ведется по лимбу 4, который установлен на валу XII, связанном зубчатой парой $\frac{9}{180}$ с реечной парой. Рейка пары закреплена на стойке станка. Реечное колесо (Z = 30) установлено на валу XIII, на котором закреплено и зубчатое колесо (Z = 180).

Рабочие подачи и быстрые перемещения стола по двум координатам, а также вертикальное перемещение шпиндельной бабки осуществляются от регулируемого электродвигателя М2 мощностью 4,1 кВт. Изменение величины подачи стола и шпиндельной бабки происходит вследствие плавного регулирования частоты вращения электродвигателя в пределах 10…1500 мин$^{-1}$.

Независимое или одновременное включение, а также реверсирование подач обеспечивается электромагнитными муфтами. При включении муфт M_1 или M_2 осуществляется поперечная подача стола (прямая и обратная), при включении муфт M_3 или M_4 – продольная подача, при включении муфт M_5 или M_6 – вертикальная подача шпиндельной бабки (вверх или вниз). Муфты M_7, M_8 и M_9 – тормозные.

Маховики 1 и 2 служат для ручного перемещения стола. Конструкция рабочих органов бесконсольного станка мало отличается от конструкции консольного (см. п. 4.4.1).

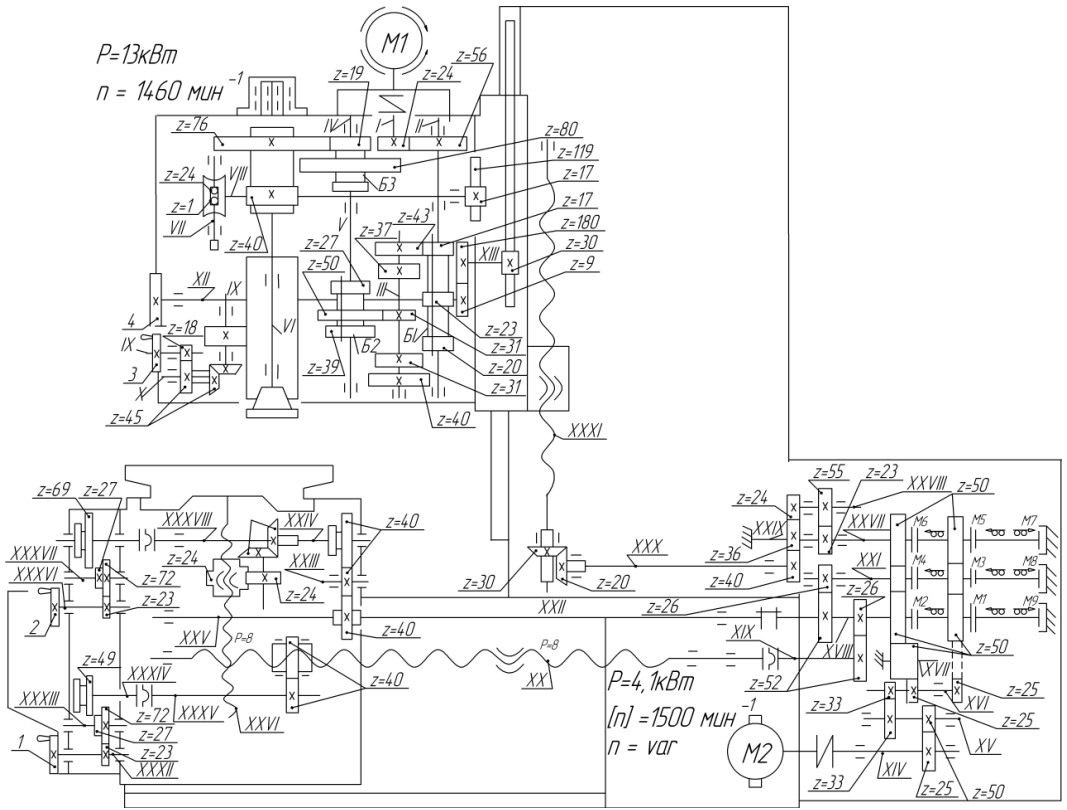


Рис. 4.74. Кинематическая схема бесконсольного вертикально-фрезерного станка мод. 6560

4.4.5. Горизонтально-фрезерный консольный станок мод. 6М80Г

Горизонтально-фрезерный станок мод. 6М80Г предназначен для обработки небольших деталей разнообразной формы из черных и цветных металлов в условиях разносерийного производства. Обработка деталей производится цилиндрическими, дисковыми или фасонными фрезами с установкой непосредственно в шпиндель станка или с использованием оправок для набора нескольких фрез. На станке обрабатывают плоскости, скосы, лыски, торцовые поверхности, шлицы, пазы и др.

Мощность и диапазон скоростей позволяют использовать инструменты из быстрорежущих сталей и твердых сплавов.

Техническая характеристика станка мод. 6М80Г

Размеры рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	800х200
Наибольшее расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	310
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до подшипника подвески, мм	440
Расстояние от оси шпинделя до хобота, мм	140
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	500
поперечное	160
вертикальное	300
Наибольший угол поворота стола, град.:	±45
конус отверстия шпинделя	№ 2
количество скоростей шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	36…1700
Количество подач стола	12
Подача стола, мм/мин:	
продольная	25…1120
поперечная	18…800
вертикальная	9…400
Скорость быстрого перемещения стола, м/мин:	
продольного	2,45

поперечного	1,70
вертикального	0,85
Мощность электродвигателя привода, кВт:	
шпинделя	3,2
подачи стола	0,6
насоса охлаждения	0,125
Габарит станка (длина х ширина х высота), мм	1720х1785х1585

Кинематика станка мод. 6М80Г обеспечивает получение 12-ти скоростей вращения шпинделя и 12-ти величин подач при использовании двух асинхронных электродвигателей для привода главного движения и привода подач (рис. 4.75). Реверсирование вращения шпинделя осуществляется переключением электродвигателя. Реверсирование подачами производится с помощью механизмов, смонтированных в кинематических цепях подач, по каждой координате.

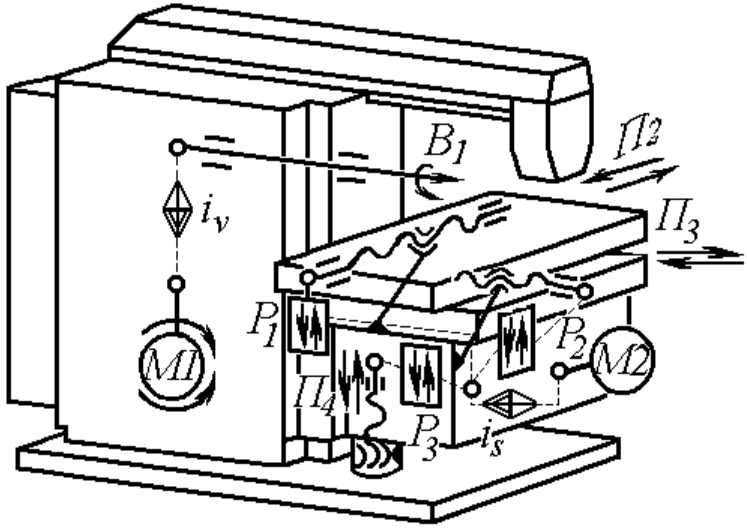


Рис. 4.75. Кинематическая структура горизонтально-фрезерного консольного станка

Кинематическая структура горизонтально-фрезерного консольного станка во многом сходна с кинематической структурой вертикально-фрезерного станка (см. п.п. 4.4.4.1 и рис. 4.69). Коробка скоростей также смонтирована в верхней части корпуса стойки и имеет 12 ступеней скоростей. Коробка подач выполнена как самостоятельный узел и закреплена на консоли.

Кинематическая цепь всех подач имеет общий орган настройки на скорость. Реверсирование направления подач индивидуальное для каждой из них.

Кинематическая схема станка мод. 6М80Г представлена на рис. 4.76.

Привод главного движения состоит из фланцевого асинхронного электродвигателя М1, шестиступенчатой коробки скоростей, ременной передачи и перебора. Шесть верхних ступеней скоростей передаются непосредственно на шпиндель от коробки скоростей через ременную передачу $\frac{100}{142}$. Низкие частоты вращения шпиндель получает при включении кулачковой муфтой зубчатых пар $\frac{31}{33}$ и $\frac{24}{71}$. Привод подач имеет одну коробку подач, от которой движение распределяется по трем кинематическим цепям на исполнительные механизмы стола, салазок и консоли. Коробка подач с двигателем размещается в корпусе консоли. От двигателя М2 через зубчатые пары $\frac{20}{73}$ и $\frac{36}{60}$ движение передается на входной вал X двенадцатиступенчатой коробки подач.

От выходного вала XIV движение распределяется по двум направлениям:

- через пару $\frac{25}{50}$ и коническую пару $\frac{24}{36}$ на ходовой винт вертикальной подачи. Для реверсирования вертикальной подачи на валу XIV установлена муфта;

- поперечная подача салазок происходит с передачей вращения от вала XIV через пары $\frac{48}{52}$ и $\frac{52}{54}$ на ходовой винт с шагом 6 мм. Реверсирование подачи осуществляется включением муфты на валу XVIII.

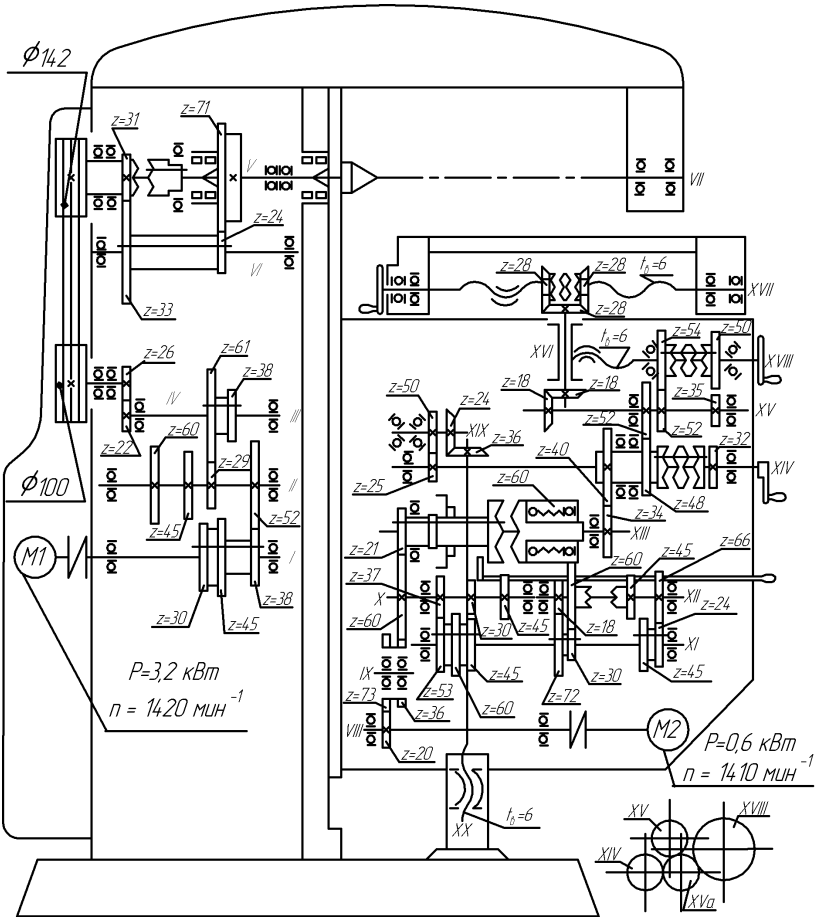


Рис. 4.76. Кинематическая схема станка мод. 6М80Г

Продольная подача стола осуществляется с передачей движения от вала XV через кинематическую пару $\frac{18}{18}$ на ревер-

сивный механизм из трех конических колес (Z = 28) и муфты, смонтированных на ходовом винте с шагом 6 мм.

Ускоренная подача осуществляется при включении фрикционной муфты на валу XIII и передаче вращения от вала X напрямую на вал XIII и дальше по цепи рабочих подач.

Шпиндель станка мод. 6М80Г установлен на двух опорах, смонтированных в расточках передней и внутренней стенок стойки 1 коробчатой формы (рис. 4.77). Стойка разделена внутренней вертикальной перегородкой на две части. В передней смонтированы опоры шпинделя и массивное приводное зубчатое колесо 10, которое одновременно выполняет роль маховика, повышающего равномерность вращения шпинделя при изменениях сил резания, характерных для фрезерования. На верхней части стойки имеются направляющие для установки хобота, поддерживающего инструмент.

Передняя комплексная опора шпинделя типична для фрезерных станков. Радиальный двухрядный подшипник 15 базируется по конической шейке шпинделя 17 и торцам дистанционной пары полуколец 18. Два упорных шарикоподшипника 19 установлены на втулке 14 и разделены дистанционным кольцом 13. Регулировка рабочего зазора в упорных подшипниках автономна и осуществляется регулировочной гайкой 21, а фиксируется стопором 12. Регулировка рабочего зазора в радиальном подшипнике 15 осуществляется через длинную втулку 14 регулировочной гайкой 22 и фиксируется стопором 11. Подробно подобная конструкция передней опоры рассмотрена в описании станка мод. 6Б75В (см. п.4.4.2, рис. 4.61).

В конструкции задней опоры шпинделя также использован радиальный двухрядный роликовый подшипник 6, установленный с натягом на конической шейке шпинделя. Рабочий зазор и фиксация в осевом направлении внутреннего кольца подшипника обеспечивается дистанционными кольцами 5, 25 и гайками 24, 26, которые фиксируются стопорами 8, 4 соответственно. Наружное кольцо устанавливается в расточенном отверстии с упором в уступ и фиксацией пружинным кольцом 7.

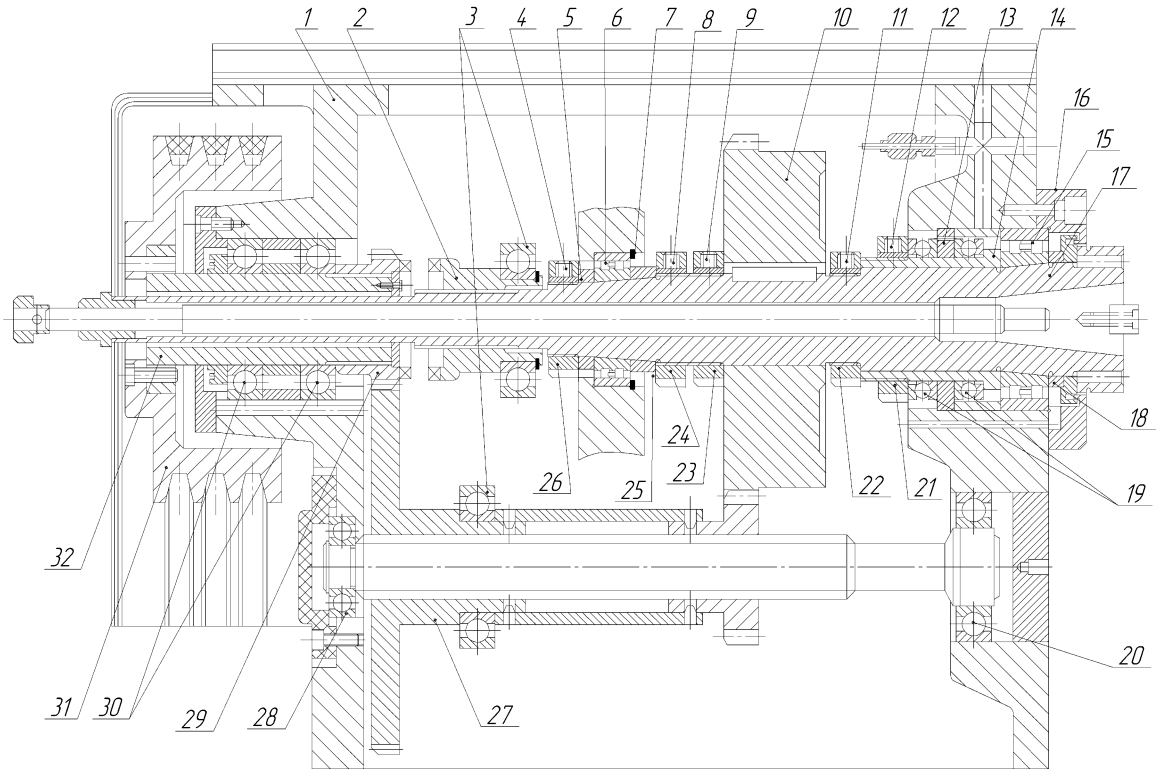


Рис. 4.77. Шпиндельный узел с перебором станка мод. 6М80Г

На хвостовике шпинделя 17 свободно установлен шкив 31 со съемной ступицей 32, которая смонтирована на двух радиальных шарикоподшипниках 30 в отверстии задней стенки стойки 1. На шлицевом конце ступицы шкива установлена полумуфта 29 с зубчатым венцом для включения перебора блоком шестерен 27. Если венцы шестерен 27 выведены из зацепления, шпиндель 17 полумуфтой 2, установленной на шлицевой шейке, подключается к шкиву напрямую.

Радиальные шарикоподшипники 3 – опоры рычагов переключения скоростей.

Механизм продольной подачи двухкоординатного стола станка мод. 6М80Г представлен на рис. 4.78.

В продольном направлении стол 6 перемещается по направляющим платформы 17, жестко связанной с салазками 19 поперечной подачи. Направление поперечной подачи стола обеспечивают направляющие консоли 24. Установочное перемещение осуществляется с помощью поворотной платформы.

В механизме подачи стола использована пара «ходовой винт – гайка скольжения».

Ходовой винт 1 с опорами, состоящими из радиальных шарикоподшипников 2, 3 и упорных подшипников 4 и 5, смонтирован в нижней полости стола 6. Опоры винта установлены в отверстиях кронштейнов 7 и 8. Хвостовик винта закрыт кожухом 9.

На винте 1 смонтирован реверсивный приводной механизм. Кулачковая муфта 10 подвижно установлена на винте. Конические зубчатые колеса 11 и 12 полумуфты установлены подвижно в осевом направлении на втулках 13 и 14. В зависимости от того, какая полумуфта включена, винт получает правое или левое вращение от вала-шестерни 21. Гайка ходового винта состоит из двух полугаек 15 и 16. Полугайка 16 неподвижно закреплена на платформе 17. На наружной поверхности полугайки 15 нарезано червячное зацепление. С червяком 18 полугайка 15 образует червячную пару. При вращении

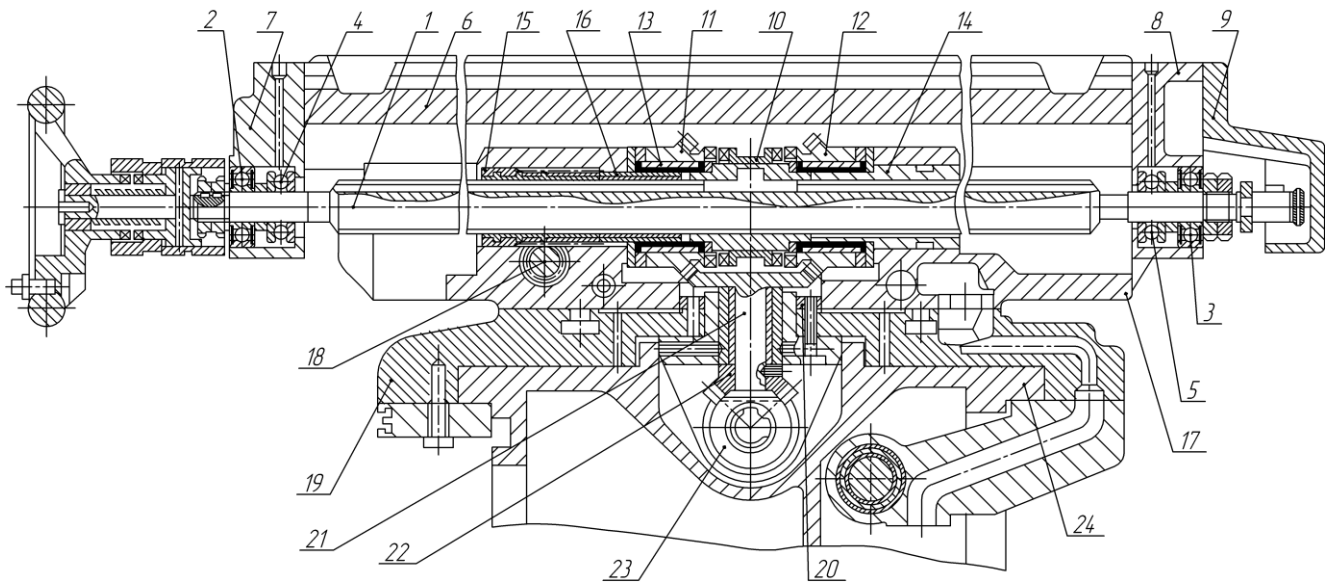


Рис. 4.78. Двухкоординатный стол с поворотной платформой станка 6М80Г

(вручную) червяка 18 полугайка 15 поворачивается, выбирая люфт, образовавшийся в резьбе.

Платформа 17 установлена на салазках 19 с центрированием по направляющей 20 и закрепляется болтами, установленными в кольцевом пазу салазок, которые перемещаются по направляющим консоли 24. С помощью платформы стол можно разворачивать в пределах (±45) градусов.

Привод механизма продольной подачи стола от коробки подач осуществляется зубчатой конической парой 22 и 23.

Механизм поперечной подачи стола станка мод. 6М80Г с разверткой по приводным валам представлен на рис. 4.79.

Одноопорный ходовой винт 1 установлен с использованием конических роликовых подшипников 2 и 3, смонтированных в отверстиях стенок консоли 4. Гайка ходового винта 5 закреплена в салазках 6.

Привод ходового винта с реверсированием осуществляется через зубчатые колеса 7 или 8 в зависимости от направления вращения винта. Включением колес управляет кулачковая муфта 9, установленная подвижно в осевом направлении на винте 1. На торцах ступиц зубчатых колес 7 и 8 нарезаны кулачки для сцепления с муфтой 9. Распределительный вал 10 осуществляет передачу движения на винт поперечной подачи или на винт вертикальной подачи. Управляет этим движением муфта 11, которая работает по такому же принципу, что и муфта 9.

Механизм подъема консоли станка мод. 6М80Г также имеет одноопорный ходовой винт 1 и гайку 3, закрепленную в кронштейне 15, установленном на основании станка (рис. 4.80).

Консоль 14 с левой боковой стороны имеет направляющие типа «ласточкин хвост» для перемещения по стойке станка.

Привод ходового винта 1 осуществляется от конической зубчатой пары 5 и 6. Опорой винта служат радиальный шарикоподшипник 10 и два упорных шарикоподшипника 9 и 12. Радиальный 10 и упорный 9 подшипники установлены в корпусе

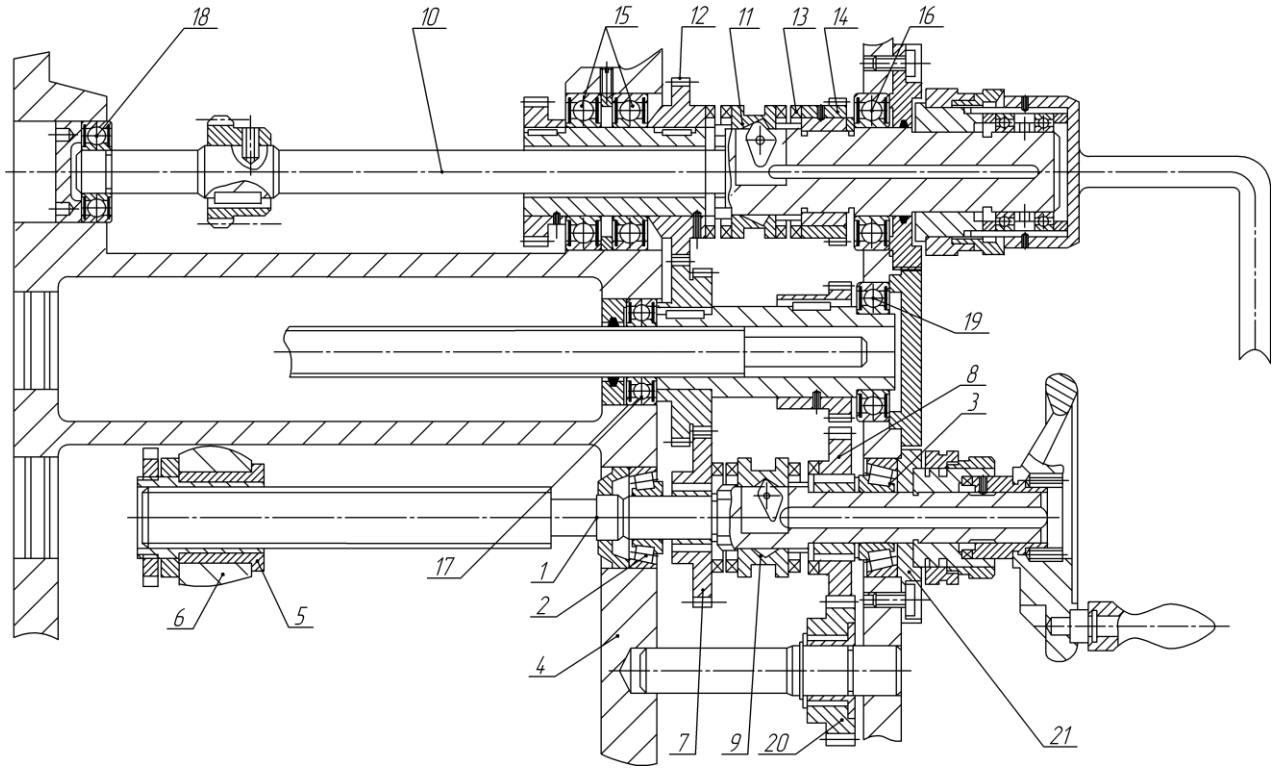


Рис. 4.79. Механизм поперечной подачи стола станка мод. 6М80Г

8, который передает осевую нагрузку через упорный подшипник 12, дистанционное кольцо 13 и ступицу колеса 5 на винт 1.

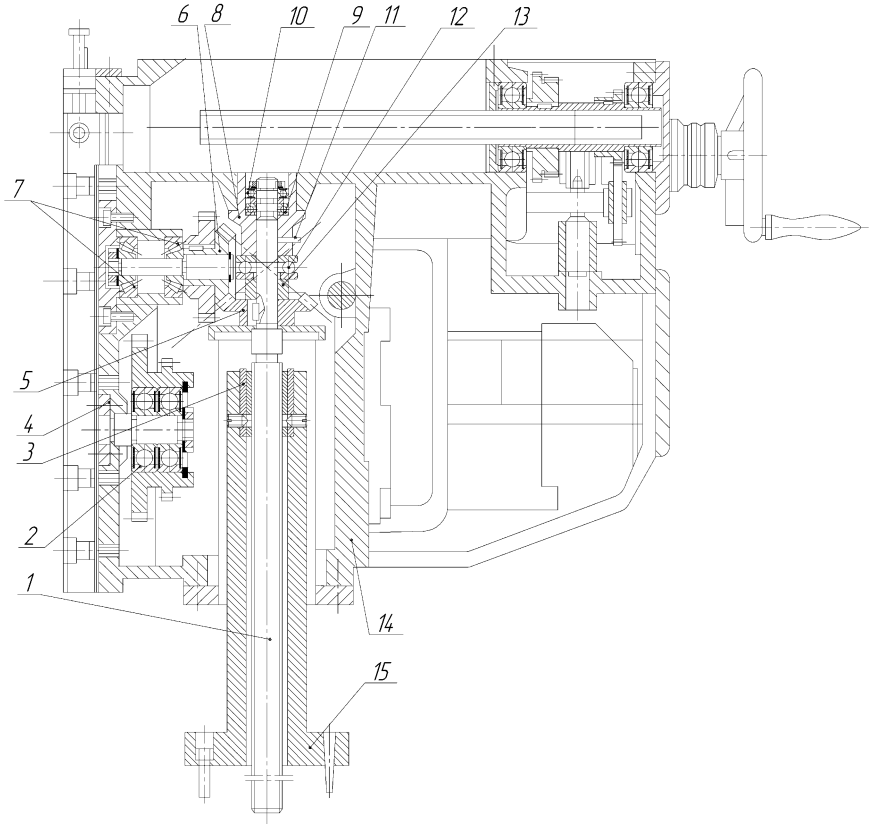


Рис. 4.80. Механизм подъема консоли станка мод. 6М80Г

4.4.6. Продольно-фрезерные станки

Продольно-фрезерные станки предназначены, главным образом, для обработки горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей крупногабаритных корпусных деталей. Продольно-фрезерные станки выпускают одно- и двухстоечные, на них монтируются одна или несколько фрезерных бабок с индивидуальным приводом. Фрезерные бабки размещают

с горизонтальной и вертикальной осью вращения шпинделя или на поворотной платформе.

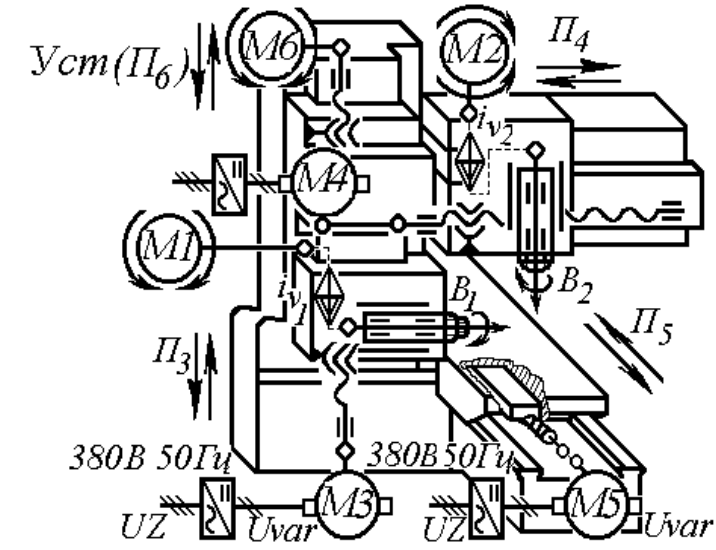
Стол станка однокоординатный и имеет только продольную подачу. Шпиндельные бабки обычно пинольного типа, имеют рабочую подачу по одной координате и вспомогательное осевое перемещение шпинделя. Размеры столов станков колеблются в пределах: ширина – 320… 5000 мм, длина – 1000…12500 мм. Станки высокопроизводительны, большой мощности и обеспечивают работу с высокими скоростями и подачами. Управление частотами вращения шпинделей и установочные осевые перемещения шпинделей – ручное механическое. Управление величинами подач – электрическое.

Кинематическая структура продольно-фрезерных станков основана на использовании индивидуальных приводов для каждого вида движения. Главным движением в этих станках является вращение шпинделей. Движение подачи получают однокоординатные стол и шпиндельные бабки от теристорных трехфазных электроприводов с преобразователями тока и регулируемыми электродвигателями постоянного тока.

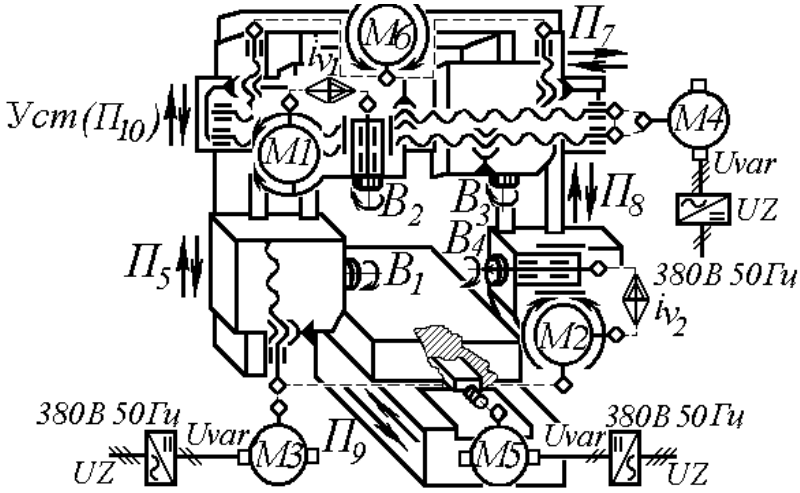
Орган настройки на скорость шпинделя – коробка скоростей. Реверсирование вращения шпинделя и направления подач осуществляется переключением двигателей. Настройка величины подачи производится регулируемыми двигателями.

Кинематические связи станка для осуществления формообразующих движений представлены на схемах рис. 4.81.

На одностоечных двухшпиндельных станках, как правило, устанавливаются две шпиндельные бабки: одна с горизонтальной, другая с вертикальной осью вращения шпинделя (рис. 4.81, *а*). Горизонтальная (боковая) бабка обеспечивает движение $\Phi_V(B_1)$ и может перемещаться со скоростью подачи $\Phi_S(П_3)$ по вертикальным направляющим стойки. Вертикальная (верхняя) шпиндельная бабка обеспечивает движение формообразования $\Phi_V(B_2)$ и $\Phi_S(П_4)$. Движение подачи шпиндельная бабка получает через гайку ходового винта, который смонтирован в траверсе и вращается от регулируемого двигателя М4. Траверса имеет установочное перемещение $Уст(П_4)$ по вертикальным



а



б

Рис. 4.81. Кинематическая структура одностоечного двухшпиндельного (*а*) и двухстоечного четырехшпиндельного (*б*) продольно-фрезерных станков

направляющим стойки от одноступенчатого привода с двигателем М6. Стол перемещается со скоростью подачи $Ф_S(П_5)$ по направляющим станины. Привод стола бесступенчатый, движение от регулируемого двигателя на стол передается червячно-реечной парой.

Двухстоечный четырехшпиндельный станок (рис. 4.81, *б*) имеет сходную с одностоечным станком структуру с короткими кинематическими цепями. Отличие состоит в количестве и расположениии стоек и шпиндельных бабок. Стойки образуют с верхней балкой портал. В балке размещен одноступенчатый привод траверсы с двигателем М6 для установочных перемещений $Уст(П_{10})$.

Для упрощения на схеме расшифрованы кинематические связи только двух шпиндельных бабок, так как остальные однотипны. Привод подачи $П_6$ и $П_7$ двух вертикальных шпиндельных бабок размещен в траверсе и имеет один регулируемый источник движения – двигатель М4, от которого через редуктор вращение передается на два ходовых винта (по числу шпиндельных бабок). Гайки ходовых винтов закреплены на корпусах шпиндельных бабок.

4.4.6.1. Продольно-фрезерный двухстоечный станок мод. 6610

Техническая характеристика станка мод. 6610

Размер рабочей поверхности стола (длина х ширина), мм	4000х1000
Число шпинделей:	
вертикальных	2
горизонтальных	2
Число частот вращения шпинделя	16
Пределы частоты вращения шпинделя, мин$^{-1}$	25…800
Пределы подачи (бесступенчатой), мм/мин:	
шпиндельных бабок	20…1250
стола	20…2000
Характеристика электродвигателей шпиндельных бабок:	
мощность, кВт	13

частота вращения, мин$^{-1}$	1460
Характеристика электродвигателей вертикальной подачи шпиндельных бабок:	
мощность, кВт	6,0
пределы частоты вращения, мин$^{-1}$	28,8…1800,0
Характеристика электродвигателей горизонтальной подачи шпиндельных бабок:	
мощность, кВт	4,5
пределы частот вращения, мин$^{-1}$	28,8…1800,0
Характеристика электродвигателя подачи стла:	
мощность, кВт	11
пределы частот вращения, мин$^{-1}$	15…1500
Характеристика электродвигателя перемещения траверсы:	
мощность, кВт	5,2
частота вращения, мин$^{-1}$	1300

Кинематическая схема станка мод. 6610 представлена на рис. 4.82.

Шпиндельные бабки станка пинольного типа имеют индивидуальные приводы от реверсивных асинхронных электродвигателей. Коробка скоростей размещена в корпусе шпиндельной бабки. От вала фланцевого двигателя через зубчатую пару $\frac{23}{68}$ вращение передается на вал II с двумя двойными подвижными блоками и далее через двойные подвижные блоки на вал IV и полый вал V. Структурная формула коробки скоростей 4х2х2. Стол станка перемещается по направляющим станины от регулируемого привода, в состав которого входят регулируемый двигатель постоянного тока фланцевого типа, червячная пара $\frac{2}{27}$, коническая зубчатая пара $\frac{20}{28}$ и червячно-реечная пара с однозаходным червяком. Длинная рейка жестко закреплена на нижней части стола и короткий червяк, установленный

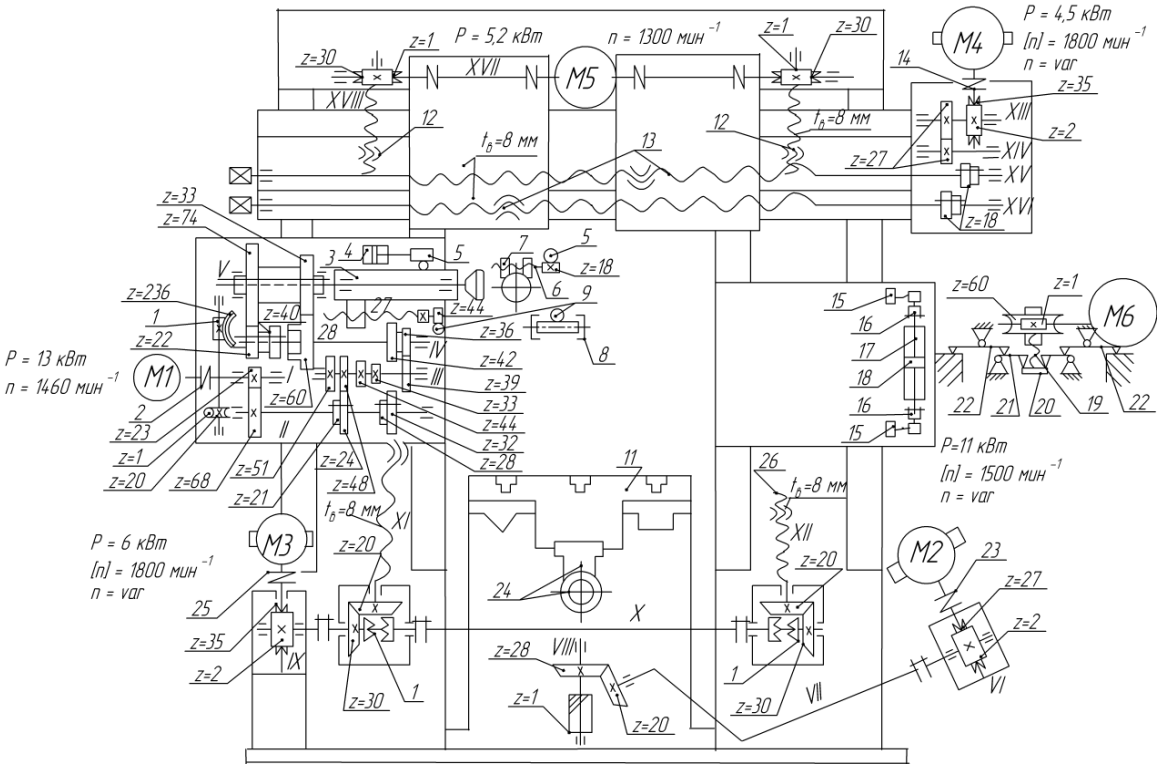


Рис. 4.82. Кинематическая схема продольно-фрезерного станка мод. 6610

в подшипниках на станине станка, вращаясь, перемещает стол с закрепленной на нем рейкой по направляющим станины.

Вертикальная и горизонтальная подачи шпиндельных бабок имеют по одному электродвигателю на каждую пару шпиндельных бабок. Приводы вертикальной подачи размещены в нижней части стоек. Приводная часть левой шпиндельной бабки состоит из регулируемого электродвигателя М3, червячной пары $\frac{2}{35}$, конической зубчатой пары $\frac{30}{20}$ и винтовой пары. Винтовая пара правой бабки соединена с приводом левой бабки длинным валом Х, проходящим через станину.

Привод горизонтальной подачи шпиндельных бабок размещен в вертикальной подвижной траверсе. На одной стороне траверсы расположен регулируемый электродвигатель М4, который через червячную пару $\frac{2}{35}$ и зубчатую пару $\frac{27}{27}$ подвижными зубчатыми блоками $Z = 18$ может подключаться к одному из двух ходовых винтов шпиндельных бабок.

Боковые вертикально подвижные шпиндельные бабки имеют противовесы, размещенные в стойках, для разгрузки винтовых пар.

Ускоренные перемещения стола и фрезерных бабок производятся при максимальной частоте вращения двигателей по тем же кинематическим цепям, что и рабочие.

Для удобства настройки станок имеет механические вспомогательные устройства: установочного перемещения траверсы, зажима траверсы, отвода и подвода фрезы с пинолью, зажима пиноли при обработке, зажима и разжима фрезерной бабки.

Установочное перемещение траверсы осуществляется по цепи от электродвигателя М5 через червячную пару $\frac{1}{30}$ и две винтовые пары с шагом 8 мм, гайки которых закреплены на траверсе. Зажим траверсы в рабочем положении осуществляет-

ся от электродвигателя М6 через червячную пару $\frac{1}{60}$, червячное колесо, гайка которой вращает винт 19. В свою очередь, винт через шайбу 20 передает усилие на рычаги 21 и 22, зажимающие траверсу. При нажатии на пульте управления кнопки перемещения траверсы разжим и зажим происходят автоматически.

Отвод и подвод фрезы с пинолью осуществляется механогидравлическим механизмом, работающим от гидросистемы станка и состоящим из гидроцилиндра 8 с поршнем-рейкой 9, шестерни-гайки (Z = 44) и винтовой пары 27 и 28. При подаче масла в гидроцилиндр 8 двустороннего действия поршень-рейка 9 поворачивает шестерню-гайку (Z = 44), которая перемещает винт 27 с гайкой и пинолью 3 в ту или другую сторону.

Для зажима пиноли масло подается в гидроцилиндр 4, перемещает поршень и связанную с ним рейку 5, вращает зубчатое колесо (Z = 18) и винт 6, у которого нарезана правая и левая резьба; при этом гайки 7 сближаются или расходятся, зажимая или разжимая пиноль.

Механизм зажима и разжима фрезерных бабок работает от гидроцилиндра 17 (см. рис. 4.82, левая боковая бабка). При поступлении масла в гидроцилиндр 17 перемещается поршень 18, поворачивая рычаги 16, связанные с винтами, на концах которых расположены башмаки 15, прижимающие корпус к направляющим стойки или траверсы.

Шпиндельная бабка продольно-фрезерного станка мод. 6610 представляет собой отдельную конструкцию, перемещаемую по направляющим стойки или траверсы (рис. 4.83).

В корпусе 11 смонтированы шпиндельный узел и коробка скоростей с приводом от фланцевого электродвигателя 22, закрепленного на крышке 23. Опоры всех валов коробки скоростей размещены в отверстиях стенок корпуса 11. Вал двигателя 22 соединен с валом 25 упругой муфтой 24 в целях компенсации сдвига вала двигателя относительно входного вала 25 коробки скоростей, снижения динамических нагрузок и придания приводу крутильной податливости.

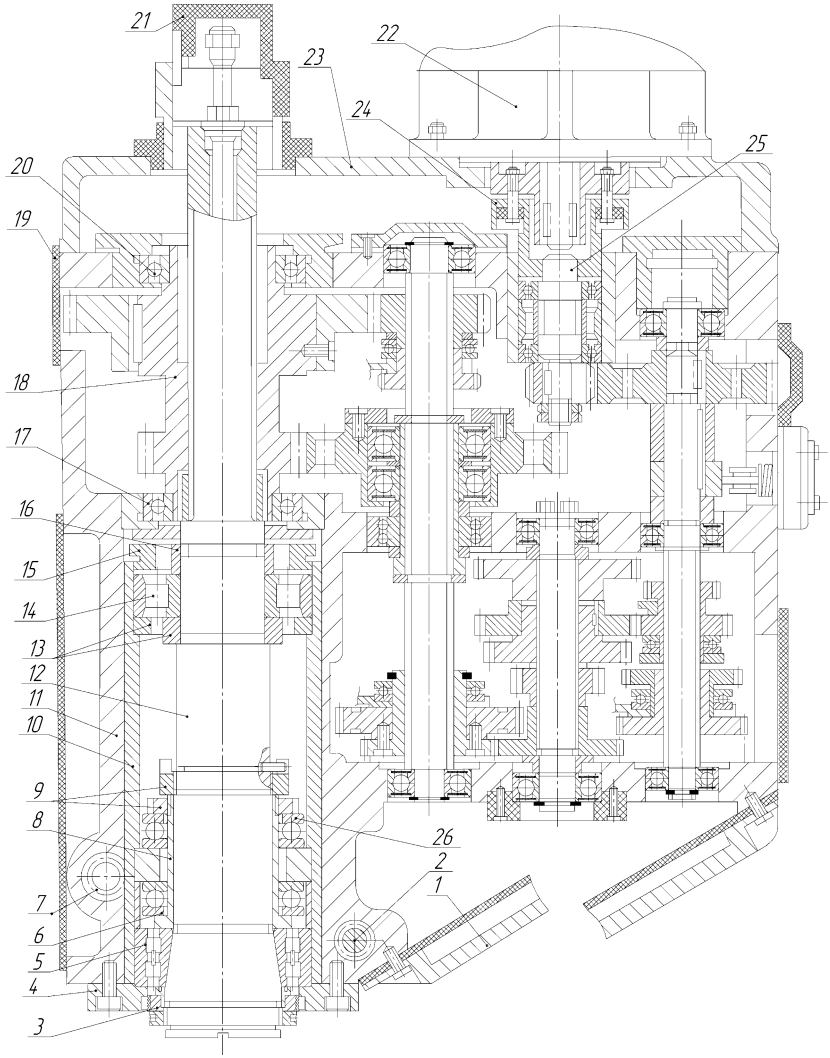


Рис. 4.83. Шпиндельная бабка (развертка)
продольно-фрезерного станка мод. 6610

Шестнадцатиступенчатая четырехваловая коробка скоростей типовой конструкции, в качестве опор валов используются радиальные шарикоподшипники.

Шпиндельный узел станка мод. 6610 смонтирован в подвижной пиноли 10 с целью перемещения инструмента на глубину фрезерования и возможности обработки с осевой подачей инструмента. Перемещение пиноли осуществляется зубчато-реечной парой 7. Пиноль закрепляется в рабочем положении зажимом 2.

Передняя опора шпинделя 12 типична для фрезерных станков. В комплексной опоре использованы роликовый двухрядный подшипник 5 и два упорных шарикоподшипника 6 и 26, последние установлены на длинной втулке 8. Раздельная регулировка рабочего зазора в подшипнике 5 и подшипниках 6, 26 осуществляется гайками 9. Подобная конструкция передней опоры представлена на рис. 4.77 и описана в п. 4.4.5.

Задняя опора шпинделя 12 образована радиальным роликовым подшпником 14. В осевом направлении подшипник 14 базируется по торцам дистанционных колец 13, установленных с упором одного в бурт шпинделя и другого – в уступ отверстия пиноли.

На шлицевом хвостовике шпинделя установлен полый вал 18, имеющий собственные опоры качения 17 и 20. Таким образом, на шпиндель передается только крутящий момент, без изгибных нагрузок.

Механизмы рабочих подач станка обеспечивают перемещение шпиндельных бабок и стола. Шпиндельные бабки перемещаются гайками ходовых винтов. Конструкции этих механизмов для вертикальных и горизонтальных подач исполнительных органов станков рассмотрены ранее, в частности в п. 4.4.5.

Отличительной особенностью продольно-фрезерных станков является конструкция привода подачи стола. Стол станка представляет собой литую конструкцию значительной длины, которая перемещается возвратно-поступательно по

направляющим станины на значительные расстояния. В качестве тягового устройства используются червячно-реечные передачи скольжения или гидростатические. В станке мод. 6610 (рис. 4.84) использована червячно-реечная передача скольжения двумя червяками 5,

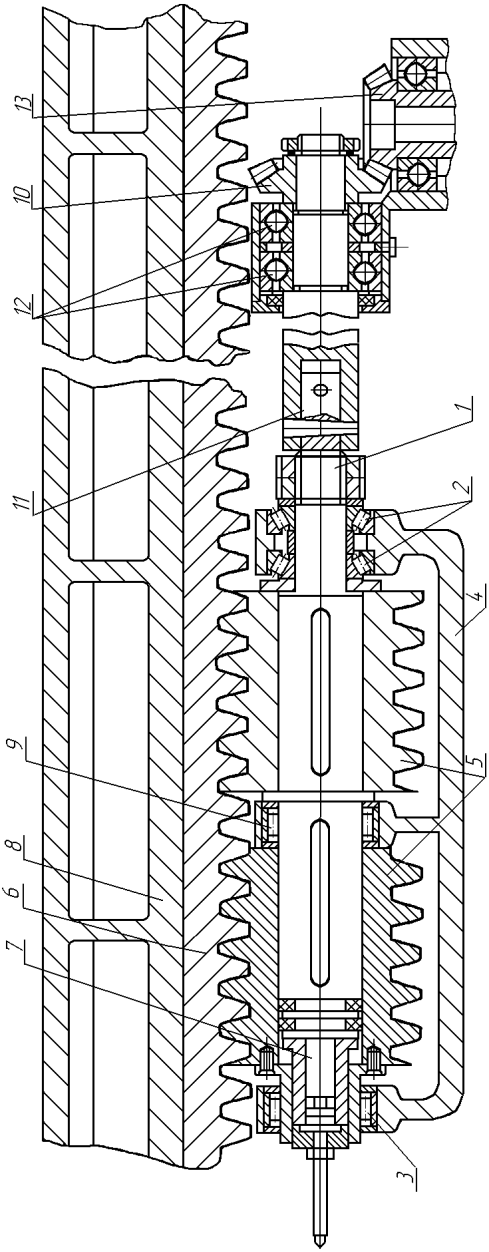


Рис. 4.84. Червячно-реечный механизм подачи стола продольно-фрезерного станка мод. 6610

смонтированными на общем валу 1 с возможностью осевого смещения для выборки осевого зазора гидроцилиндром 7. Рейка 6 закреплена на нижней части стола 8. Вал 1 установлен на радиальных роликовых подшипниках 3 и 9. От осевого смещения вал предохраняет правая опора, образованная двумя коническими роликовыми подшипниками 2. Опоры вала смонтированы в корпусе 4, который закрепляется на основании станка. Вал 1 жесткой муфтой связан с валом 11, установленным на радиально-упорных шарикоподшипниках 12, на конце которого закреплена коническая шестерня 10. Вращение валу 11 и червячному валу 1 передается от привода подачи стола через конические шестерни 10 и 13.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии изложен материал, соответствующий основной образовательной программе по дисциплине «Металлорежущие станки». Представлены современные понятия о конкурентоспособных потребительских признаках оборудования и системах управления.

В учебном пособии много иллюстративного материала, освещающего реальные конструкции исполнительных органов металлорежущих станков различных моделей и их модификаций, с разбором особенностей технологичности и надежности вариантов конструкций.

Определены области эффективного применения станков, приведены их технические характеристики.

При разработке учебного пособия систематизирован разрозненный материал по конструкциям наиболее распространенных в машиностроительном основном и инструментальном производствах моделей станков.

Приведенные в работе иллюстрации выполнены с использованием компьютерной графики, что позволило детально проработать конструкции узлов при малом формате изображения.

Данная работа существенно восполнит имеющуюся информацию по металлорежущим станкам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пачевский В.М. Расчет и конструирование станков: учеб. пособие / ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; В.М. Пачевский, В. Н. Старов. – 2-е изд., дополн. и перераб. – В 2 ч. Ч 1. – Воронеж: ВГТУ, 2008. – 234 с. – ЭР: РиКС.Ч.1.doc.

2. Иванов М.Н. Детали машин: учеб. для машиностр. спец. вузов / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 11-е изд., перераб. – М: Высшая школа, 2007. – 408 с.: 6 ил.

3. Дружинский И. А. Конструкция конкурентоспособных станков / И. А. Дружинский. – Л.: Машиностроение, 1990. – 280 с.

4. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учеб. пособие для машиностр. спец. вузов / А. И. Кочергин. – Минск: Вышэйшая школа, 1991. – 381 с.

5. Куликов С. И. Металлорежущие станки и станочные системы: учеб. пособие / С. И. Куликов, Е. М. Дурко. – Свердловск: из-во Урал. ун-та, 1988. – 266 с.

6. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник / под общ. ред. А.С Проникова. В – 3 т. Т. 1. Металлорежущие станки. – М.: изд-во МГТУ им. Баумана, 1994. – 444 с.

7. Машиностроение: Энциклопедия: в 40 т. Разд. 1Y. Расчет и конструирование машин / пред. ред. совета К. В. Фролов и др. Т. IY-7. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование / пред. ред. совета Б. И. Черпаков. – М.: Машиностроение, 1999. – 863 с.

8. Металлорежущие станки: учеб. для машиностр. вузов / под ред. В. Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

9. Пачевский В. М. Расширение технологических возможностей станков и станочных комплексов: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж: ВГТУ, 2001. – 197 с.

10. Пачевский В. М. и др. Исполнительные механизмы металлорежущих станков: учеб. пособие / В. М. Пачевский,

Л. Н. Дедушенко, Л. А. Федотова. – Воронеж: ВГТУ, 2003. – 157 с.

11. Плужников А. И. Точность и оптимизация кинематических цепей станков / А. И. Плужников.– М.: Машиностроение, 1983. – 176 с.

12. Пуш А. В. Шпиндельне узлы. Качество и надежность / А. В Пуш. – М.: Машиностроение, 1992. – 287 с.

13. Решетов Д. Н. Детали машин: учеб. для машиностроит. и мех. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.

14. Схиртладзе А. Г, Технологическое оборудование машиностроительных производств: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков; под ред. Ю. М. Соломенцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2002. – 407 с.

15. Чернов Н. Н. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.

16. Штейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград: Янтарный сказ, 2002. – 454 с.

17. ГОСТ 2.701-84.

18. ГОСТ 2.703-68.

19. ГОСТ 2.722-68.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. Технико-экономические показатели станков 5
2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ И СТАНОЧНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ 17
3. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ 23
3.1. Виды движений исполнительных механизмов металлорежущих станков 23
3.2. Методы формообразования поверхностей деталей 27
3.3. Кинематическая структура станков 31
4. СТАНКИ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ 37
4.1. Токарные станки с ручным управлением 37
4.1.1. Токарно-винторезные станки мод. 1И611П и 1А616 43
4.1.2. Токарно-винторезный станок мод. 16Б16П 53
4.1.3. Токарно-винторезный станок мод. 16К20П 61
4.1.4. Токарно-винторезные станки мод. 163 и 1М63 71
4.1.5. Токарно-револьверный станок мод. 1К341 85
4.2. Сверлильные станки 95
4.3. Шлифовальные станки 104
4.3.1. Круглошлифовальный станок мод. 3М151 107
4.3.2. Плоскошлифовальный станок мод. 3Б722 117
4.4. Фрезерные станки 130
4.4.1. Универсальные консольные фрезерные станки мод. 675П и 6М76П-1 135
4.4.2. Горизонтальный универсальный консольный фрезерный станок мод. 6Б75В 147
4.4.3. Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6Р82Ш 155
4.4.4. Вертикально-фрезерные станки 164
4.4.5. Горизонтально-фрезерный консольный

станок мод. 6М80Г 176
4.4.6. Продольно-фрезерные станки 186
Заключение 198
Библиографический список 199
Оглавление 201

Учебное издание

Пачевский Владимир Морицович
Федотова Людмила Александровна

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ. Ч.1: КИНЕМАТИКА И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Компьютерный набор, оформление Л.В. Моложенко

Подписано в печать 11.12.2008
Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.
Уч.-изд.л. 10,2. «С»

ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»
394026, Воронеж, Московский просп., 14

206