



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

В.В. Гриценко

ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебное пособие для студентов направления
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
всех форм обучения

*Рекомендовано Рубцовским индустриальным институтом (филиалом)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова» в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительных производств»*

Рубцовск 2018

УДК 621

Гриценко В.В. Оборудование автоматизированных производств: Учебное пособие для студентов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2018. – 79 с.

Предназначено в качестве учебного материала при подготовке к лекционным и практическим занятиям по дисциплине «Оборудование автоматизированных производств» студентами направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения. В пособии приведены общие сведения об автоматизированном производственном оборудовании для массового и серийного производства, а также методы его расчета. Дано описание автоматов, автоматических линий, робототехнологических комплексов, гибких производственных систем, целевых механизмов и систем управления, обеспечивающих автоматизацию изготовления деталей на основе микропроцессорной техники, систем ЧПУ. Представлены вопросы и список литературы для самоподготовки студентов к контрольным тестированиям.

Рассмотрено и одобрено на заседании
научно-методического совета Рубцовского
индустриального института.
Протокол № 9 от 27.12.2018

Рецензент:
декан факультета заочной формы обучения,
к.т.н., доцент

Э.С. Маршалов

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ТИПЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	8
1.1 Основные понятия.....	8
1.2 Машины – автоматы и гибкие производственные системы.....	13
2 ПРИВОДЫ И МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	23
2.1 Приводы главного движения и движения подач.....	23
2.2 Гидравлический привод подач силовых станков.....	24
2.3 Линейный электрогидравлический привод подачи станков.....	28
3 ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ПОДАЧИ СИЛОВЫХ УЗЛОВ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ.....	30
3.1 Выбор конструкции ЛЭГП с АЗП.....	30
3.2 Расчет ЛЭГП с АЗП.....	35
4 ЦЕЛЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ.....	38
4.1 Узлы агрегатных станков и автоматических линий.....	38
4.2 Контрольные устройства автоматических линий и гибких производственных систем.....	43
4.3 Поворотно – фиксирующие механизмы станков и автоматических линий.....	48
4.4 Механизмы автоматической смены инструментов станков с ЧПУ.....	51
5 ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ И МАНИПУЛЯТОРЫ.....	59
5.1 Область применения и классификация промышленных роботов.....	59
5.2 Структура, кинематический и конструктивный анализ промышленных роботов.....	60
5.3 Портальные автоматические манипуляторы.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Появление первых станков для обработки материалов резанием относится к XIV веку, и только к XVII веку были созданы все основные типы станков, являющиеся прототипами современных станков [1].

Первый шаг в направлении механизации механической обработки на металлорежущих станках (МРС) сделан в период, когда были созданы станки с механическим приводом главного движения за счёт использования энергии падающей воды [1].

Вторым шагом, знаменующим собой коренное изменение в конструкции, производительности и точности станков, является использование в качестве источника движения энергии пара, позволившее осуществить групповой привод станков, когда от одного источника (парового двигателя) в движение приводилась целая группа станков [1].

Период XIV - XVII веков характеризуется появлением, в основном, всех прототипов современных станков [1].

Третий шаг (XVII-XIX век) - начало механизации обработки на станках [1].

Четвертый шаг (XIX-XX век) - автоматизация процесса механической обработки, продолжающаяся до настоящего времени [1].

Автоматизацией предусматривается замена ручного управления производственным процессом или его элементами машинным управлением без участия человека. Этот процесс осуществляется в двух направлениях— создание многопозиционных станков, автоматических линий и заводов, которые применимы в условиях массового производства, и создание гаммы станков с программным управлением, а также станков со следящей системой управления, являющихся основными для использования в условиях индивидуального и серийного производства [1].

Настоятельная потребность в механической обработке сложных по форме заготовок, таких как корпусные, привело к созданию агрегатных станков – станков, собираемых из стандартных, нормализованных деталей, узлов и агрегатов [1].

В начале 50-х годов XX века были разработаны принципы программного управления (ПУ) станками и созданы первые станки программного управления (СПУ), обеспечивающие автоматизацию механической обработки с одновременной возможностью их быстрой переналадки для выполнения разнообразных процессов механической обработки [1].

В настоящее время широко используются многоцелевые станки, так называемые «обрабатывающие центры», которые способны к высокой концентрации операций на одном станке, обладающие большим быстродействием и законченным циклом обработки детали. Особенностью таких станков является сочетание ПУ с магазином широкой номенклатуры инструментов, подаваемых в зону резания, в соответствии с технологическим процессом, с помощью манипулятора [1].

Кроме того, все более расширяются работы в области робототехники, обеспечивающие выполнение сложных элементов технологических процессов, требующих ручного труда, в автоматическом режиме. Это направление развития автоматизации позволяет осуществить технологические процессы в сочетании со станками с ПУ без непосредственного участия человека в процессе механической обработки [1].

Для повышения производительности труда и качества изделий во всем мире широко используется автоматизация производств. Объектами автоматизации могут быть операционные процессы и межоперационные перемещения изделий. По масштабам автоматизация может охватывать отдельные участки, цеха и даже целые предприятия. В зависимости от организации производства, типа производства, объема и долговременности выпускаемой номенклатуры изделий могут быть три уровня автоматизации: «жесткая автоматизация», автоматизированное производство с ограниченными возможностями переналадки, гибкое автоматизированное производство.

«Жесткая автоматизация» обеспечивает большие объемы производств при долговременном выпуске единых изделий. Она находила широкое применение при планово-распределительной экономике в СССР. Себестоимость изделий при этом была невысокой, однако изделия при долговременном выпуске морально устаревали. При смене изделия требовался, как правило, полный демонтаж линий по выпуску изделий. Системы управления на таких автоматизированных линиях не были перепрограммируемыми. Управление осуществлялось микроконтроллерами, которые были достаточно надежными и дешевыми, но при переходе на другую продукцию требовалась их замена.

Автоматизированное производство с ограниченными возможностями переналадки также не рассчитано на чистую сменность изделий. При переходе на новую модель изделия требуются достаточно серьезные экономические вложения, связанные с частичным демонтажом автоматизированной линии и частичной заменой оборудования.

Наиболее адаптировано к условиям быстрой сменности изделий гибкое автоматизированное производство. Оно позволяет эффективно работать в рыночных условиях. В основе построения таких автоматизированных линий может быть заложен модульный принцип. Линия состоит из отдельных модулей, которые легко и быстро могут быть трансформированы в другую технологическую планировку. Система управления легко перепрограммируется на новые условия выпуска изделий.

Для автоматизации операционных процессов может быть использовано различное оборудование, станки и технологическое оснащение. Рассмотрим основное оборудование.

Автоматические станки.

Они обеспечивают все процессы обработки изделий без участия человека. Работают по жесткой программе и хорошо подходят для массового производства. Установка и съём детали осуществляется вручную. Изменение программы работы станка затруднено.

Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) имеют простую переналадку на другие режимы. Они имеют ограниченный набор инструментов, легко перепрограммируются, имеют высокую производительность, обеспечивают высокое качество технологических операций. Однако из-за ограниченного набора инструментов эти станки могут выполнять только определенную группу технологических операций, например, связанных с фрезерованием.

Обрабатывающие центры (ОЦ). Это наиболее прогрессивный вид технологического оборудования для механической обработки. Обрабатывающие центры в отличие от станков с ЧПУ оснащены большими магазинами для размещения инструмента. Замена инструмента осуществляется автоматически, что позволяет выполнять большой объем работ на одном станке, следовательно, будет обеспечена экономия времени на установку и снятие детали, многократное программирование и т.д. Производительность ОЦ в 3-4 раза выше, чем у станков с ЧПУ.

Промышленные роботы. Можно выделить три поколения роботов:

- 1) программируемые роботы, действующие по заданной программе;
- 2) адаптивные роботы, действующие по программе, но имеющие ряд датчиков, которые корректируют программу в определенном диапазоне, например, сварочно-адаптивные роботы;
- 3) интеллектуальные, или интегральные роботы, обладающие элементами искусственного интеллекта и возможностью свободного диалога с человеком.

По роду своей деятельности промышленные роботы подразделяются на 3 группы:

- 1) технологические роботы, непосредственно выполняющие технологические операции (сборку, сварку и т.д.);
- 2) подъемно-транспортные роботы, обеспечивающие складирование и межоперационное перемещение;
- 3) комбинированные роботы, выполняющие действия роботов первых двух групп.

В качестве средств автоматизации процессов межоперационных перемещений используются различные конвейеры: ленточные, роликовые, цепные, подвесные и т.д.; автооператоры, позволяющие перемещать изделия и заготовки по подвесным магистралям; кантователи, позволяющие переворачивать изделие, что улучшает доступ к его различным поверхностям; накопители, которые используются для питания линии при сбоях на отдельных рабочих местах.

Рассмотрим основные элементы автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях.

Автоматическая линия. Представляет систему автоматически действующих станков, связанных средствами межоперационного перемещения и имеющих единую систему управления. В состав автоматической линии могут входить станки, полуавтоматы, станки с ЧПУ, обрабатывающие центры. Каждая линия годится только для обработки определенной детали. При замене

детали необходимо осуществлять новую компоновку линии с частичной или полной остановкой производства.

Современное производство в зависимости от объемов и частоты сменяемости выпуска изделий требует применения современного высокопроизводительного технологического оборудования, позволяющего получать качественную продукцию с минимальными затратами.

Характерным признаком современного производства является частая сменяемость изделий при высокой производительности. Выполнить эти условия возможно путем автоматизации технологического оборудования, применением систем числового программного управления, современных информационных технологий.

В настоящее время определились два в какой-то мере противоречивых требования к современному промышленному производству: с одной стороны, сокращение сроков подготовки производства и выпуска, а также серийности промышленной продукции, а с другой – уменьшение трудоемкости изготовления и стоимости при высоком качестве продукции.

Удовлетворение **первого требования** предусматривает увеличение универсальности оборудования и систем управления, позволяющих отрабатывать любые заранее не планируемые ситуации, быстро переходить на изготовление новой продукции.

Второе требование связано с необходимостью комплексной автоматизации производства, которая в настоящее время ассоциируется с применением технологического оборудования с программным управлением и ЭВМ на различных уровнях управления – от непосредственного управления оборудованием до управления финансовой деятельностью предприятия.

1 ТИПЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1 Основные понятия

Рабочая машина – это сочетание механизмов или устройств, выполняющих определенные целесообразные действия для производства полезной работы [1, 2].

В рабочей машине обработка совершается без участия оператора, исполнительными механизмами в процессе обработки управляет сама рабочая машина [1, 2].

Рабочий цикл. Для рабочей машины, как правило, характерна цикличность в работе, т. е. периодическая повторяемость отдельных движений, связанная с выпуском дискретных деталей. Происходит чередование рабочих движений исполнительных механизмов, производящих обработку и выполняющих вспомогательные движения, не связанные непосредственно с технологическим воздействием, обеспечивающим условия для выполнения рабочего цикла [1, 2].

После пуска рабочей машины сначала происходят вспомогательные движения: подача заготовки в зону резания, ее зажим, включение, подвод инструментов в течение времени t_{B1} (рисунок 1.1). Затем происходит обработка в течение времени t_P , после этого вновь следуют вспомогательные движения в течение времени t_{B2} : отвод инструмента, выключение вращения шпинделя, разжим заготовок, выключение машины, снятие обработанной заготовки. Если рабочая машина функционирует нормально (нет отказа в работе), то далее снова следуют подача другой заготовки, ее зажим и т. д. При этом одни и те же операции повторяются, как правило, через одинаковый интервал времени, который называют рабочим циклом [1, 2].

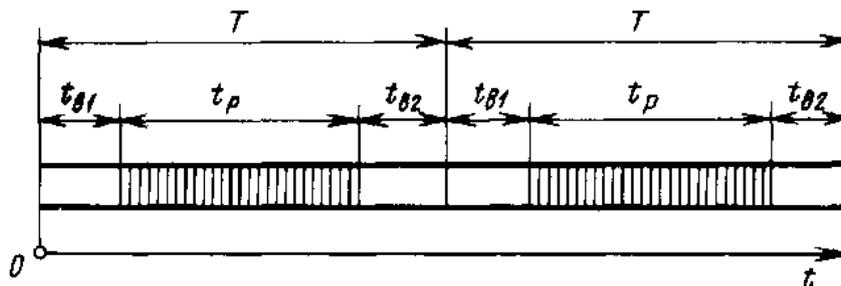


Рисунок 1.1 – Схема рабочего цикла автомата

Следовательно, рабочий цикл – это интервал времени между двумя одноименными операциями при безотказной работе машины [1].

Рабочий цикл машины состоит из времени рабочих и вспомогательных ходов [1]:

$$T = t_P + t_{B1} + t_{B2} = t_P + t_B,$$

где t_P – время рабочих ходов; t_B – время вспомогательных ходов.

Рабочими ходами исполнительных механизмов машины называют такие движения, благодаря которым производится непосредственное технологическое воздействие на обрабатываемую заготовку (обработка, контроль, сборка) [1, 2].

Вспомогательными ходами называют движения механизмов, которые служат для подготовки условий, необходимых для обработки (подача и зажим заготовок, подвод и отвод инструментов, переключение скоростей). Некоторые рабочие и вспомогательные ходы могут совмещаться во времени [1, 2].

Автоматом называют рабочую машину, которая при выполнении технологического процесса без участия человека производит все рабочие и вспомогательные ходы рабочего цикла и требует лишь контроля и наладки [1, 2].

Таким образом, конструктивным признаком автомата является наличие полного комплекта механизмов рабочих и вспомогательных ходов, осуществляющих все движения рабочего цикла и систему управления, координирующую их работу [1].

Механизмы рабочих и вспомогательных ходов, выполняющие отдельные элементы рабочего цикла, называют **целевыми** [1].

Классификация механизмов автомата приведена на рисунке 1.2. Как и любая рабочая машина, автомат имеет двигательный, исполнительный и передаточный механизмы. Неавтоматизированная рабочая машина имеет только механизмы рабочих ходов. Исполнительный механизм автомата включает в себя механизмы вспомогательных ходов и механизмы управления, число и наименование которых в каждом конкретном случае определяются технологическим назначением, принципом действия, типом системы управления [1].

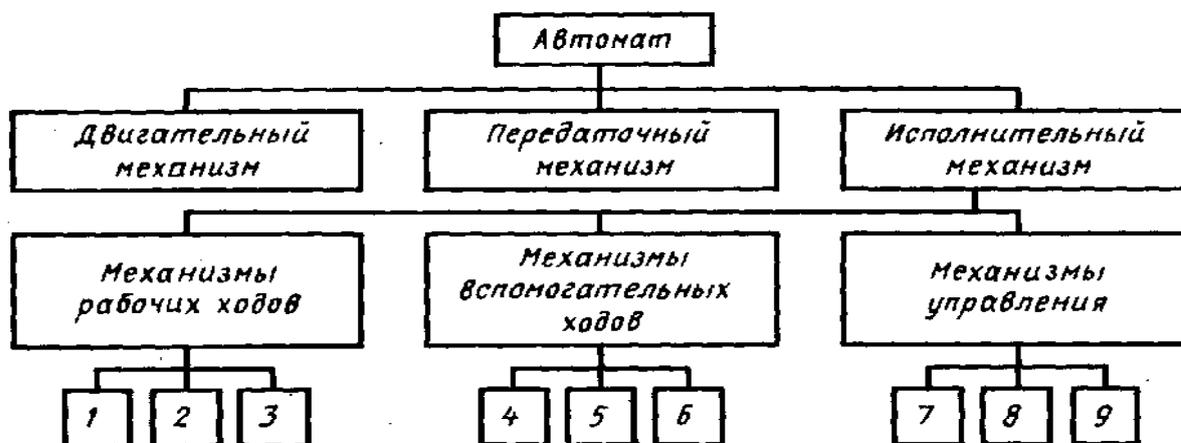


Рисунок 1.2 – Структурная схема механизмов автомата

Полуавтомат. Если в комплекте целевых механизмов автомата отсутствуют один из его основных механизмов и этот элемент рабочего цикла выполняют вручную или с помощью средств механизации, то это – полуавтоматическая рабочая машина (полуавтомат). Полуавтоматом называют машину, работающую в автоматическом цикле, для повторения которого требуется вмешательство рабочего (загрузка заготовок и съем изделий или ориентирование и зажим заготовок) [1, 2].

К полуавтоматам относят зуборезные станки (зубодолбежные, зубофрезерные, зубострогальные). В них рабочий производит ручную загрузку и закрепление заготовок в шпинделе, после чего нажатием кнопки включает

автоматический цикл. Инструменты подходят к обрабатываемой заготовке и выполняют полный цикл нарезания всех зубьев при соответствующей координации всех рабочих движений; после обработки инструменты отводятся в исходное положение и станок сам выключается. Затем снимают готовую деталь, ставят новую заготовку и закрепляют ее; далее цикл повторяется [1].

Исторически первыми развитыми системами управлений были системы на механической основе, где программноноситель – распределительный вал с кулачками, число которых соответствует числу управляемых механизмов. За счет профиля каждого кулачка достигаются требуемые скорость, фаза перемещений управляемого механизма; жесткое крепление кулачков на едином валу обеспечивает взаимную координацию действий рабочих органов [1].

Потребность в автоматизации обработки изделий со сложной конфигурацией (плоских и объемных) вызвала появление копировальных систем управления, в которых программноносителями являются уже не кулачки, а копиры, причем их профиль полностью соответствует профилю изделий. Наибольшее распространение в настоящее время получили следящие копировальные системы (электрокопировальные, гидрокпировальные, фотокопировальные) [1].

Технически наиболее современными являются системы программного управления (ПУ), где программа работы станка задается как система чисел, которые кодируются на перфоленте, перфокарте, магнитной ленте, магнитном диске, в виде блока памяти в вычислительной машине или могут задаваться непосредственно на панели управления. Такие системы обладают высокой мобильностью и рядом других преимуществ; на их базе создают автоматы различного технологического назначения [1].

Принципы программного управления, отработанные применительно к отдельным полуавтоматам или автоматам, все шире применяют при создании автоматических систем машин, ГПС, автоматических линий, автоматических участков, цехов и заводов [1].

Автоматическая линия – это автоматически действующая система машин, расположенных в определенной технологической последовательности и объединенных общими средствами транспортирования заготовок, управления, накопления заделов, удаления отходов, и выполняющая определенную обработку заготовки какой-либо определенной детали [1, 2].

На рисунке 1.3 показана структурная схема автоматической линии. Отдельные автоматы, встроенные в линию, являются конструктивными элементами, осуществляющими рабочие ходы, необходимые для реализации технологических процессов обработки, контроля, сборки, т. е. выполняют те же функции, что и механизмы рабочих ходов в отдельном автомате. Вспомогательные движения в линии осуществляются механизмами межстаночного транспортирования, ориентирования, накопления заделов, удаления отходов и т. п. Система управления автоматической линией также выполняет более сложные функции, чем в отдельном автомате – не только координирует работу отдельных машин, механизмов и устройств при

выполнении рабочего цикла линии, но и осуществляет взаимную блокировку, отыскивает неисправности, подсчитывает готовую продукцию и т.д. [1].

Гибкой производственной системой (ГОСТ 26228) называют совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, РТК, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающую свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик [1, 2].



Рисунок 1.3 – Структурная схема автоматической линии

По организационным признакам различают следующие виды ГПС: гибкую автоматизированную линию; гибкий автоматизированный участок; гибкий автоматизированный цех [1].

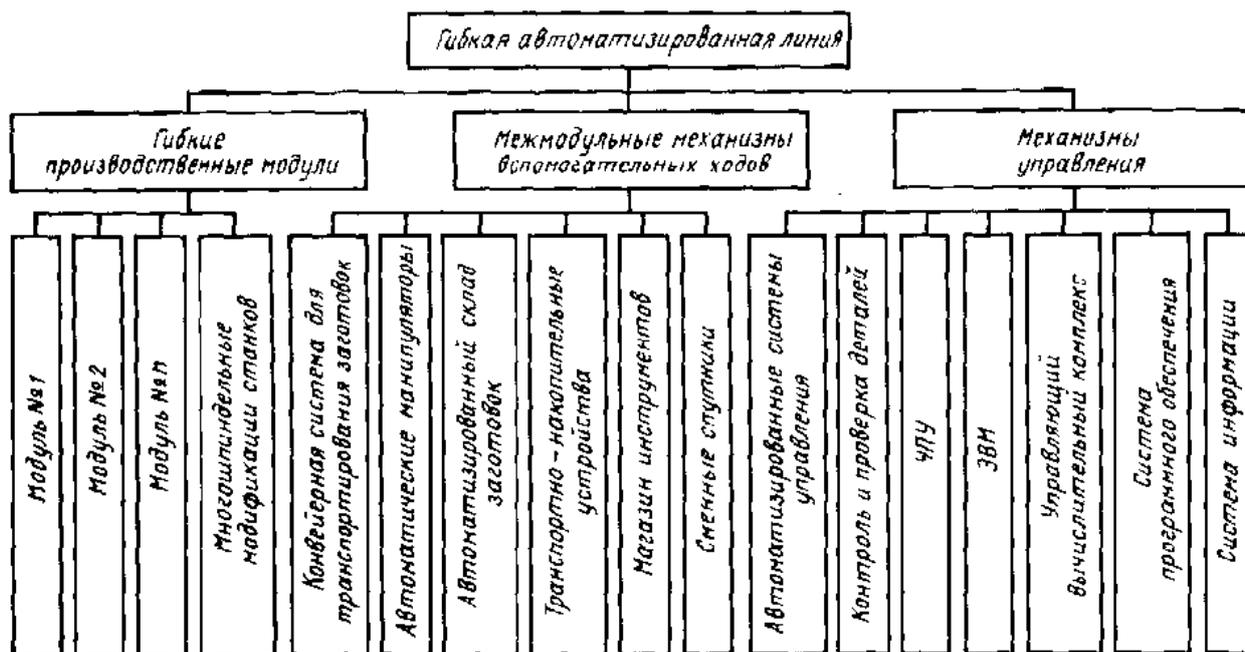


Рисунок 1.4 – Структурная схема гибкой автоматизированной линии

Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) – это ГПС, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций [1, 2].

На рисунке 1.4 представлена структурная схема гибкой автоматизированной линии, которая характеризуется высокой мобильностью. Она легко переналаживается на изготовление деталей другого вида. Она состоит из единиц оборудования с высокой степенью автоматизации [1].

Гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования, называется **гибким автоматизированным участком** [1].

Гибкая производственная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры, называется **гибким автоматизированным цехом** [1].

На рисунке 1.5 представлена структурная схема механизмов и систем управления гибкого автоматизированного цеха.

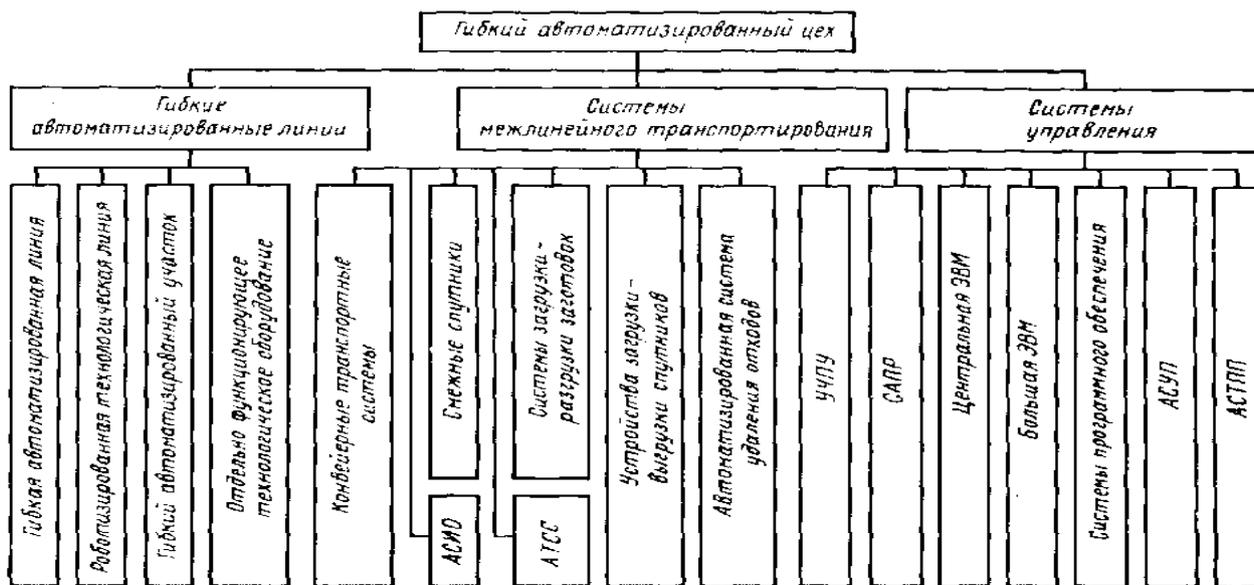


Рисунок 1.5 – Структурная схема гибкого автоматизированного цеха

Очевидно, что он представляет собой дальнейшую, более высокую ступень развития рабочей машины, в которой элементами, выполняющими рабочие ходы, являются уже отдельные гибкие автоматизированные линии. Функции механизмов вспомогательных ходов выполняют сложные системы межлинейного, межучасткового и межстаночного транспортирования заготовок, изделий, собранных узлов, системы автоматического складирования. Функции управления автоматизированным цехом осуществляются уже посредством автоматических и автоматизированных систем управления производством на базе вычислительной техники с использованием центральной ЭВМ, микропроцессорной техники, системы автоматизированного

проектирования (САПР). Кроме того, здесь уже широко используются автоматизированные системы управления предприятием (АСУП), автоматизированные системы инструментального обеспечения (АСИО), автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП), автоматизированные транспортно – складские системы (АТСС) и т.д. Составной частью ГПС является гибкий производственный модуль (ГПМ) [1].

Гибкий производственный модуль – это единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с ПУ, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраиваться в ГПС [1].

На рисунке 1.6 показана структурная схема ГПМ, которая характеризует общность структуры автомата и ГПМ как более совершенной рабочей машины, с более развитыми исполнительными механизмами. ГПМ предназначен для обработки ряда различных деталей, он может иметь устройство, определяющее износ инструмента, его поломки, ставить диагноз неполадок в работе и т.д. Создание и внедрение автоматизированных цехов создает предпосылки перехода к гибкому автоматизированному заводу (ГАЗ) с широкой комплексной автоматизацией производственных процессов выпуска самой сложной машиностроительной продукции [1].

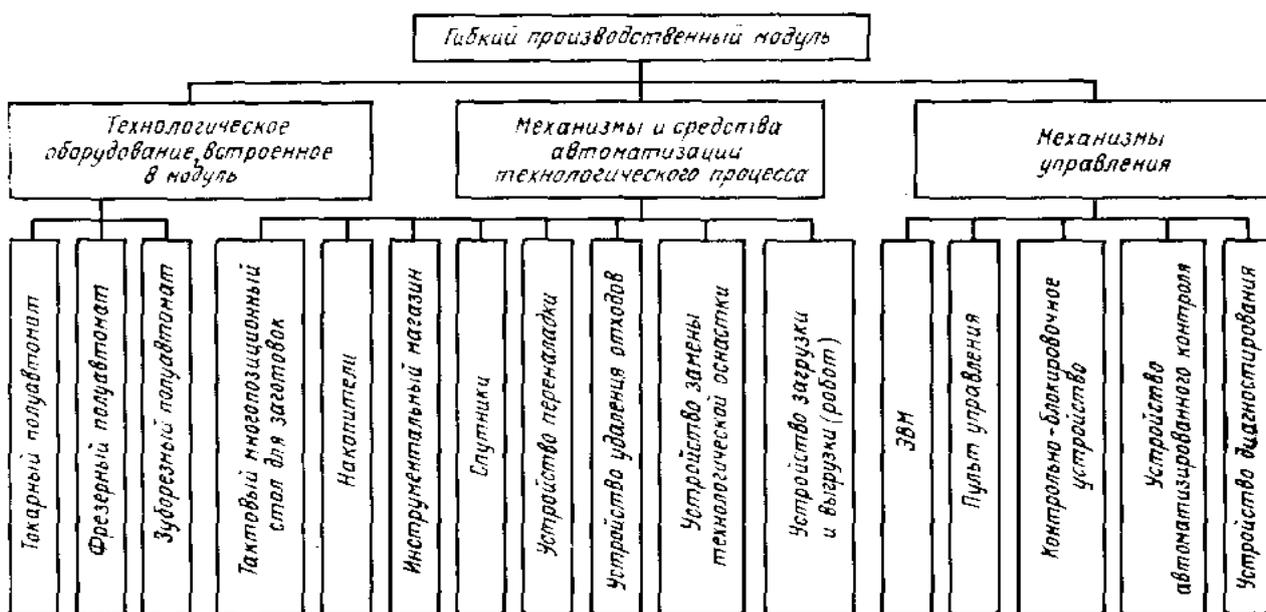


Рисунок 1.6 – Структурная схема ГПМ

1.2 Машины – автоматы и гибкие производственные системы

Современные рабочие машины можно классифицировать по различным признакам, важнейшими среди которых являются [1]:

- 1) технологическое назначение (токарные, шлифовальные, сборочные, упаковочные и др.);
- 2) степень универсальности (универсальные, специальные, специализированные);

3) степень автоматизации (полуавтоматы, автоматы, гибкие производственные системы).

Кроме того, рабочие машины можно классифицировать по направлению геометрической оси (горизонтальные и вертикальные); по числу позиций (одно- и многопозиционные); по принципу действия (последовательного, параллельного, последовательно-параллельного действия); по типу системы управления (управляемые упорами, копирами, распределительным валом с кулачками, перфолентами, перфокартами, магнитными лентами, магнитными дисками, мини-ЭВМ, микропроцессорами). Значительная часть этих признаков отражается в названиях машин, например: универсальный токарный станок, многошпиндельный специальный токарный полуавтомат, гибкий производственный модуль, роботизированный технологический комплекс и т. д. [1].

Развитие автоматизации неизбежно связано с улучшением одних показателей (прежде всего с повышением производительности машин и сокращением числа обслуживающих рабочих) и ухудшением других (увеличением стоимости, сложности ремонта, усложнением наладки и обслуживания).

Преимущество универсальных станков с ручным управлением – широкая универсальность к мобильность, т. е. возможность быстрой переналадки на изготовление других изделий. Основной недостаток – низкая производительность, что объясняется малым совмещением операций вследствие ограниченных возможностей человека.

После 20-х годов XX века, вследствие увеличения масштабов производства, роста потребности в изготовлении большого числа одних и тех же изделий (часовая, автомобильная, подшипниковая промышленность) привели к появлению и широкому применению второй группы оборудования универсальных автоматов и полуавтоматов. Их основное преимущество перед станками с ручным управлением – высокая производительность и значительные возможности многостаночного обслуживания. На рисунке 1.7 показана конструкция универсального многошпиндельного токарного автомата последовательного действия с горизонтальной осью расположения шпинделей. Обрабатываемые заготовки закрепляются в нем в зажимных патронах шпинделей 1, которые смонтированы в шпиндельном блоке 2. Обработка выполняется с поперечных суппортов 3 и центрального продольного суппорта 4 во время неподвижного состояния шпиндельного блока. Периодическим поворотом шпиндельного блока достигаются последовательный подвод обрабатываемых заготовок ко всем инструментам и их последовательная обработка – от черновой обточки до отрезки [1].

Программоносителем является распределительный вал 5. Каждый целевой механизм рабочих и вспомогательных ходов управляется от соответствующего кулачка, смонтированного на распределительном валу, через рычажные системы. Рабочий цикл соответствует одному обороту распределительного вала и, следовательно, одному срабатыванию каждого из основных механизмов (суппорты, механизмы подачи и зажима материала, поворота и фиксации

шпиндельного блока и др.). За один цикл выдается одно изделие и подается одна новая заготовка [1].

На этом автомате выполняют обточку, расточку, фасонирование, подрезку, отрезку, сверление, зенкерование, нарезание резьбы, т. е. полный цикл обработки, необходимый для изготовления любой детали типа тел вращения длиной, соизмеримой с диаметром. Однако, несмотря на наименование, универсальность этого автомата значительно ниже, чем универсальность токарного станка. Но переналадка автомата, показанного на рисунке 1.7, занимает несколько часов и требует переналадки программноносителя: замены кулачков, копиров, а также регулирования рычажных передаточных систем; кинематической перенастройки – замены сменных шестерен; замены инструментов и технологической оснастки; регулирования механизмов и устройств суппорта, зажимных механизмов и т. д. Поэтому универсальные автоматы типичны для крупносерийного и массового производства [1].

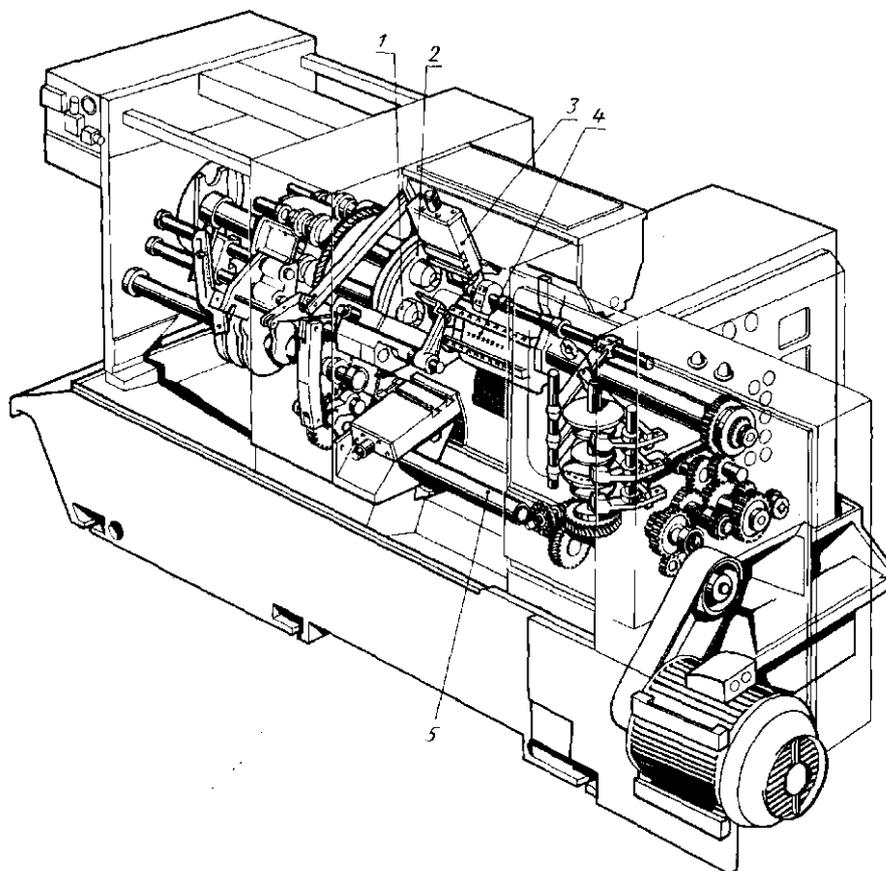


Рисунок 1.7 – Многошпиндельный токарный автомат

К третьей группе машин относятся специализированные и специальные автоматы и полуавтоматы [1].

Специализированными называют рабочие машины, которые можно переналадить на обработку узкой группы однотипных изделий [1].

Специальные станки, автоматы, полуавтоматы и автоматические линии проектируют в расчете на изготовление изделия одного наименования [1].

В настоящее время крайне обострились противоречия между растущими требованиями к производительности и к мобильности производственного оборудования. Устранить эти противоречия можно только путем создания машин, сочетающих высокую производительность с широкими технологическими возможностями, короткими сроками проектирования и освоения. Это достигается в том случае, если новые специальные автоматы и полуавтоматы не проектируются каждый раз заново, а komponуются на базе типовых механизмов и устройств, которые можно унифицировать подобно тому, как унифицируют подшипники, электродвигатели и др. [1].

С 30-х годов XX века начали проектировать специальные машины из унифицированных функциональных узлов (*агрегатов*), которые к настоящему времени получили широкое применение во многих отраслях автоматостроения. Большая их часть создана для механической обработки заготовок корпусных и других деталей, неподвижных при обработке. Такие автоматы и полуавтоматы получили название *агрегатных станков* [1, 2].

Многопозиционный агрегатный станок – полуавтомат (рисунок 1.8) komponуют из различных функциональных узлов.

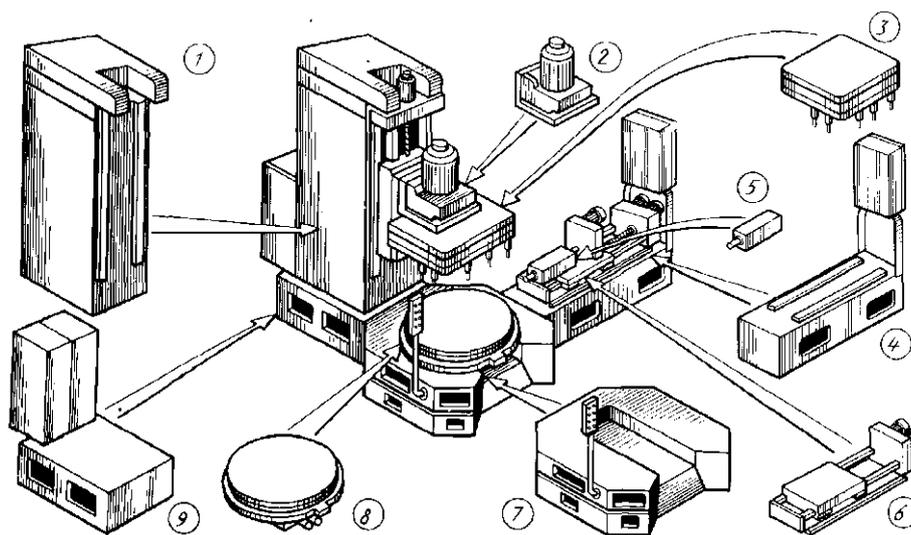


Рисунок 1.8 – Компоновка многошпindelного агрегатного станка:

1 – стойка; 2 – силовая головка; 3 – многошпindelная головка; 4 – боковая станина; 5 – одношпindelная расточная головка; 6 – силовой стол; 7 – опорная плита; 8 – поворотный делительный стол; 9 – тумба

С помощью агрегатных станков рассмотренного типа решается проблема автоматизации прежде всего массового производства, потому что они не могут переналаживаться на изготовление другого изделия.

В последнее время появились переналаживаемые агрегатные станки, которые автоматически переналаживаются с изготовления одного вида детали на другой.

На рисунке 1.9 представлен агрегатный станок подобного типа. Он предназначен для обработки деталей широкой номенклатуры в условиях серийного производства. Переналадка выполняется только путем поворота

магазина многошпиндельных коробок 1. Все операции в нем осуществляются по одной из программ, которые задаются ЧПУ [1].

Поворот магазина производится от механизма мальтийского креста. Приводится в действие механизм гидродвигателем. Магазин имеет возможность вращаться в любом направлении, что обеспечивает установку коробки в рабочее положение кратчайшим путем [1].

Привод шпинделей осуществляется от электродвигателя с регулируемой скоростью, привод подачи – от двигателя постоянного тока через ходовой винт [1].

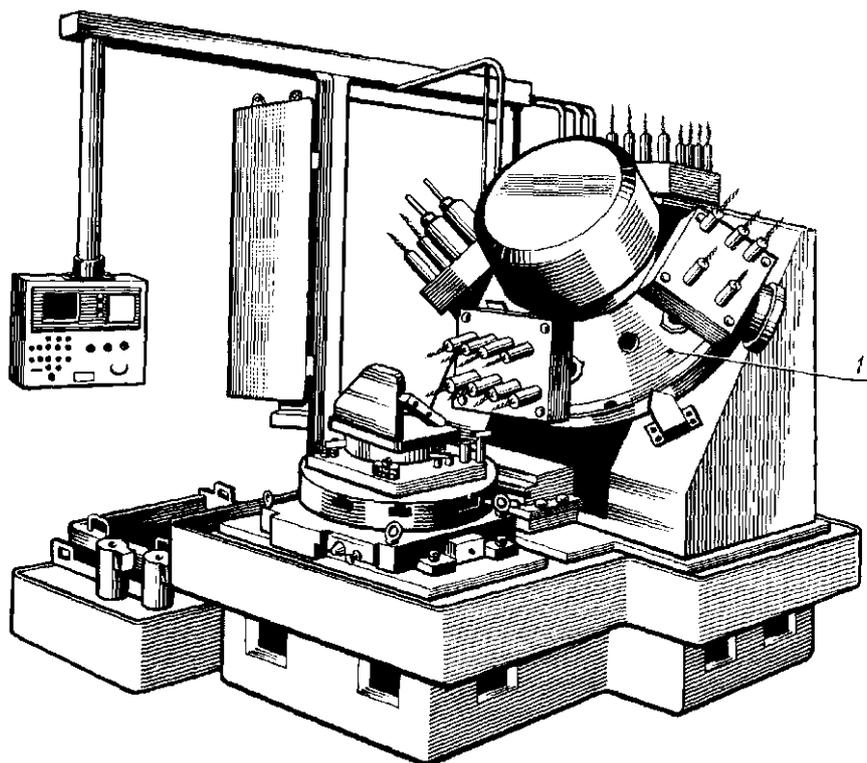


Рисунок 1.9 – Переналаживаемый агрегатный станок

Прогрессивным видом автоматизированного оборудования, которое получило широкое применение лишь в 60-е годы XX века, являются станки с ЧПУ, позволяющие решать проблемы автоматизации серийного производства [1, 2].

В отличие от автоматов, в которых программоносителями являются кулачки (см. рисунок 1.7), в станках с ЧПУ программа задается с помощью кодированной информации на перфоленте, магнитном диске, магнитной ленте, на ЭВМ или с пульта управления, а считывается и преобразуется с помощью электронных систем [1].

Программное управление станков применяют для автоматизации технологического оборудования многих типов: токарных, фрезерных, сверлильных, расточных, шлифовальных, электроэрозионных и других станков. Особенностью станков с программным управлением является не только высокая мобильность благодаря легкости замены программоносителей, но и повышение степени автоматизации [1, 2].

Несмотря на то, что многоцелевые станки с ЧПУ являются одноинструментными (станок имеет один шпиндель, одновременно в работе может находиться только один инструмент), их производительность намного выше, чем производительность соответствующего универсального неавтоматизированного оборудования (например, расточных станков). На многоцелевых станках возможна полная обработка заготовок без повторного закрепления [1, 2].

Таким образом, станки с ЧПУ сочетают высокую производительность, присущую автоматам и полуавтоматам, с высокой мобильностью, характерной для универсальных станков. Их создание и внедрение явилось новым этапом в развитии мирового автоматостроения [1, 2].

Задачи автоматизации производства не могут быть решены только применительно к автоматизации отдельных рабочих машин. Так, автоматизацию операций внутрисканочного транспортирования (загрузка, подача из позиции в позицию, выгрузка) выполняют механизмы и устройства, которые могут действовать лишь в ограниченном пространстве (автооператоры, мальтийские механизмы поворота и др.), в едином рабочем цикле машины. Механизмы межсканочного транспортирования должны управляться дистанционно, и их работа, кроме того, не должна зависеть от работы оборудования. Они должны не только перемещать заготовки с заданным режимом, но и накапливать их. Задачи межсканочного транспортирования потребовали совершенно иных конструктивных решений [1, 2].

До недавнего времени эти задачи решались путем разработки автоматических линий различных типов.

Компоновка автоматической линии из агрегатных станков показана на рисунке 1.10.

Линию составляют из агрегатных станков на базе конвейерного устройства с приспособлениями-спутниками. Автоматические линии из агрегатных станков, как правило, относятся к линиям с жесткой межагрегатной связью, где станки и элементы транспортной системы должны работать в едином жестком режиме, а отказ любого элемента (инструмента, механизма, устройства) вызывает остановку линии. В линиях, разделенных на отдельные секции межоперационными накопителями, жесткая связь осуществляется в пределах одной секции [1].

Автоматические линии из агрегатных станков – основной тип линий для механической обработки и сборки изделий, неподвижных при обработке [1].

Для обработки заготовок деталей типа тел вращения (колец, шестерен, валов) создают автоматические линии из токарных, шлифовальных, доводочных и других станков. Для изготовления деталей определенных видов успешно применяют автоматические линии из специального оборудования, созданные на базе роторных машин и роторных транспортирующих устройств [1].

Изготовление изделий на роторных автоматических линиях происходит при непрерывном движении как заготовки, так и инструмента [1].

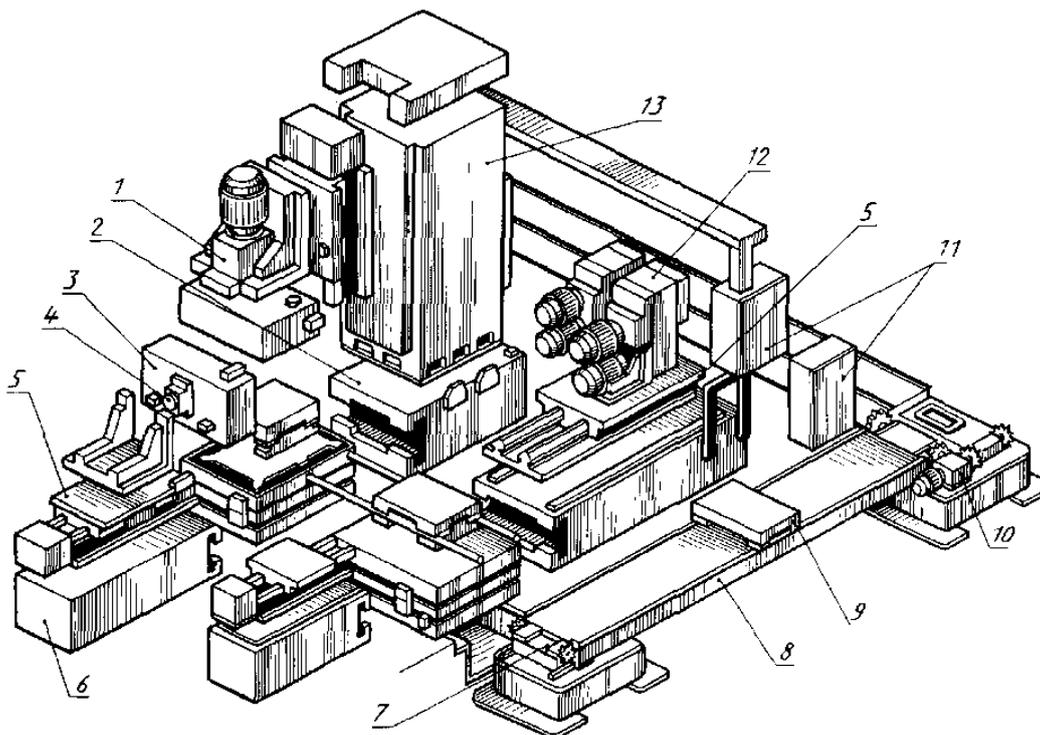


Рисунок 1.10 – Компоновка автоматической линии из агрегатных станков:
 1 – силовая агрегатная головка; 2 – основание станка; 3 – многошпиндельная коробка; 4 – приводная голова; 5 – силовой стол; 6 – боковая станина; 7 – натяжное устройство конвейера; 8 – конвейер; 9 – приспособление – спутник; 10 – редуктор конвейера; 11 – электрошкаф; 12 – агрегатные головки; 13 – вертикальная стойка

Схема автоматической роторной линии приведена на рисунке 1.11, где рабочие роторы 7, 8, 9 имеют различное число позиций. Заготовка из магазина накопителя 1 проходит через транспортные роторы 2, 3, 4 и 5, обрабатывается в рабочих роторах 7, 8 и 9, имеющих различное число позиций, и поступает в приемный магазин 6. При мелкосерийном производстве, недостаточном для окупаемости линии, роторные автоматы можно оснащать различными инструментами для одновременной обработки различных заготовок. Такую линию называют многоинструментной роторной автоматической линией [1].

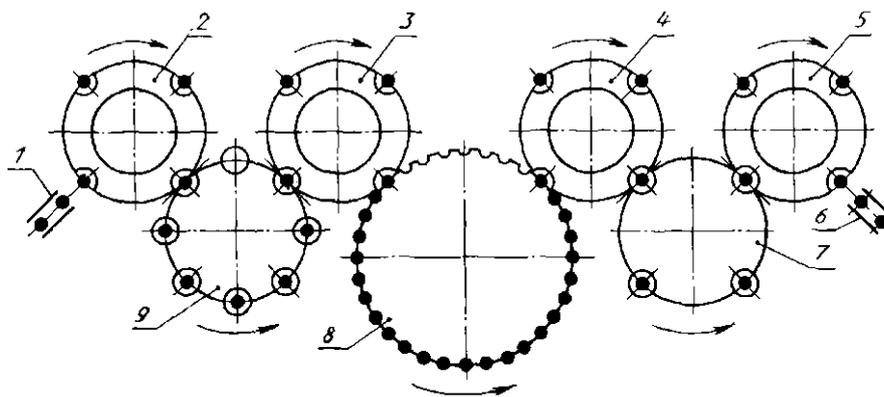


Рисунок 1.11 – Принципиальная схема автоматической роторной линии

В последние годы появилось оборудование нового типа – гибкие производственные системы [1].

Составная часть ГПС–РТК. Они состоят, как правило, из станков с автоматической сменой инструмента, автоматизированных транспортных систем подачи (промышленных роботов) заготовок на станки, удаления изготовленных деталей со станка на склад, а также подачи инструмента со склада на станок и возвращения обратно. Все управление осуществляется от центральной ЭВМ. При этом станок легко переналаживается на выпуск новой продукции [1].

При проектировании РТК на базе токарных станков с ЧПУ для обработки заготовок типа тел вращения, транспортирование деталей обычно производится без спутников. При этом упрощается складирование заготовок и деталей, требуется меньшая производственная площадь [1].

На рисунке 1.12 показан роботизированный технологический комплекс 1720ПФ30. Он предназначен для токарной обработки заготовок – деталей с прямолинейными и криволинейными профилями, включая нарезание резьбы. Комплекс состоит из токарного патронно-центрового полуавтомата 1, промышленного робота 4, пластинчатого тактового восьмипозиционного стола 2, работающего в шаговом или непрерывном цикле. В автоматическом режиме стол управляется от системы ЧПУ робота. На каждую позицию стола можно установить несколько заготовок. Имеются также система управления 5 и устройство 3 для выполнения вспомогательных операций [1].

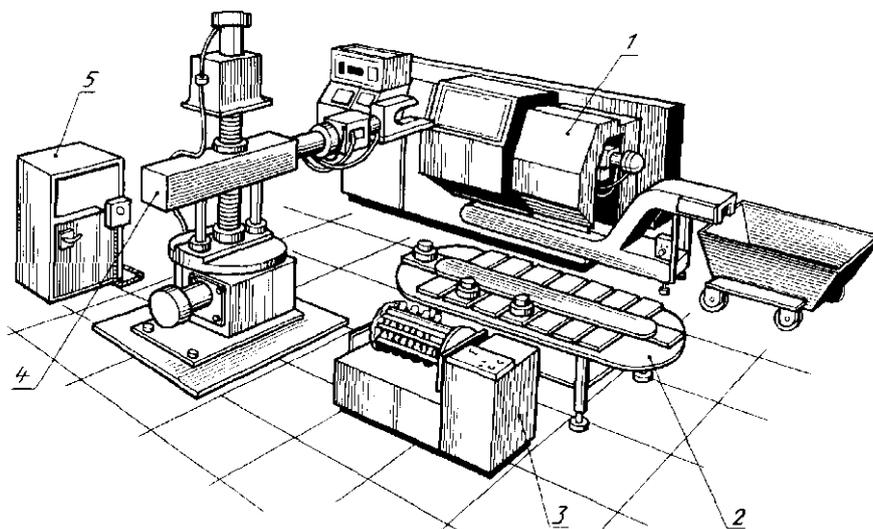


Рисунок 1.12 – Роботизированный технологический комплекс 1720ПФ30

В промышленности применяют также РТК, выполненные на базе зубообрабатывающих станков со специализированным роботом-автоматом и накопителем заготовок. На рисунке 1.13 показан гибкий зубообрабатывающий РТК для нарезания зубчатых колес. Он обеспечивает автоматическую переналадку с изготовления зубчатых колес одного наименования на изготовление зубчатых колес другого наименования с автоматической сменой инструмента, заготовки и приспособлений. В состав РТК входит зубофрезерный станок 4 с ЧПУ полностью управляемый от ЭВМ 3, порталный

загрузочно-разгрузочный механизм 6 и робот 5, который снимает нарезанную фрезой 2 деталь 1 и устанавливает заготовку 10. Загрузочный механизм 6 транспортирует инструмент из магазина 7, приспособления из магазина 8 и заготовки из магазина 9. Объем партии обрабатываемых заготовок 1–20 шт. [1].

На рисунке 1.14 показана гибкая автоматизированная линия «Талка-500», предназначенная для комплексной обработки заготовок корпусных деталей с максимальными размерами 500 × 500 × 500 мм в условиях мелкосерийного производства. Она состоит из четырех агрегатов 5 «Модуль 500», автоматизированной транспортной системы 6, автоматизированного склада 3, отделений 2 и 4 подготовки приспособлений-спутников и инструментальных комплектов, центра 1 автоматизированной технологической подготовки (ЦАТП) и управляюще-вычислительного комплекса 7. Агрегат «Модуль 500» представляет собой автономную ячейку. Он создан на базе многоцелевого станка ИР500МФ4, но отличается от последнего наличием восьмиместного линейного накопителя деталей, установленных в приспособлениях-спутниках, и устройством автоматической смены приспособлений-спутников [1].

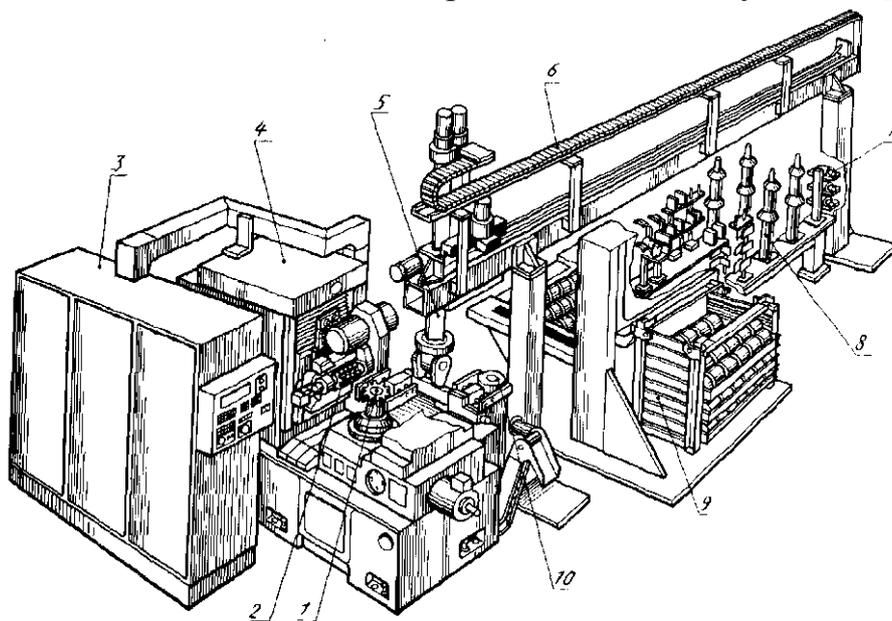


Рисунок 1.13 – Гибкий зубообрабатывающий РТК

Транспортная система линии состоит из тележки-манипулятора, станций загрузки-разгрузки приспособлений-спутников и комплектов инструментов.

Центр автоматизированной технологической подготовки управляющих программ включает в себя малую ЭВМ с математическим обеспечением. С помощью этой ЭВМ подготавливаются управляющие программы для всего оборудования с ЧПУ на предприятии [1].

Применение системы «Талка-500» позволяет в несколько раз снизить численность рабочих и повысить производительность труда более чем на 50 %.

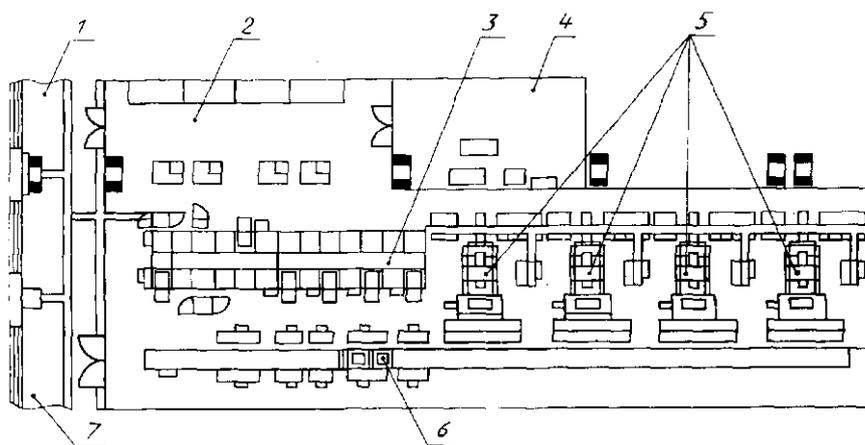


Рисунок 1.14 – Гибкая автоматизированная линия «Галка-500»

На рисунке 1.15 представлена схема гибкой производственной системы АЛП-3-2 со складами-накопителями спутников с заготовками и инструментами для индивидуальной подачи на станки. ГПС предназначена для комплексной механической обработки корпусных заготовок 70 наименований размерами 250×250×250 мм. ГПС включает восемь станков, в том числе четыре многоцелевых пятикоординатных станка 3 с ЧПУ и один пятикоординатный станок с ЧПУ 5 для глубокого сверления [1].

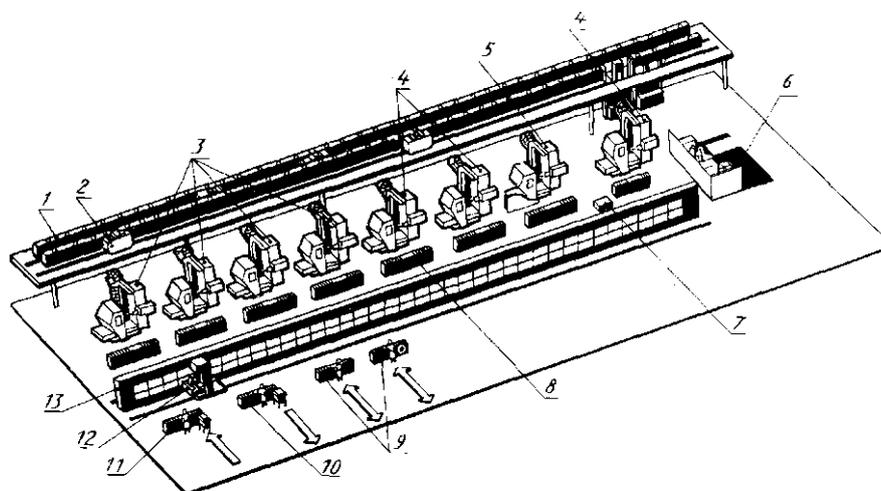


Рисунок 1.15 – Схема гибкой производственной системы АЛП-3-2

Подача инструмента в магазины станков из стационарного склада 1 и вывод из спутников инструмента, сломанного или ненужного для заданной программы обработки, выполняются автоматически роботами-автооператорами 2 системы инструментального обеспечения. В результате время перехода на обработку заготовок различных наименований составляет около 25 с [1].

Работой станков ГПС, системой инструментального обеспечения и автоматизированной транспортно-складской системой управляет вычислительный комплекс, расположенный в отдельном помещении. Комплекс укомплектован отделением наладки инструмента 6 вне станков и измерительными машинами для контроля обработанных деталей [1].

В состав рассматриваемой ГПС также входит автоматизированный склад заготовок с накопителем и отделением комплектации заготовок [1].

Применение ГПС позволяет: снизить себестоимость выпускаемой продукции в 3–5 раз; повысить качество деталей; высвободить до 90 высококвалифицированных рабочих-станочников; повысить в 2–3 раза коэффициент использования оборудования с ЧПУ; сократить производственный цикл механической обработки в 3–8 раз [1].

Следующим этапом автоматизации является комплексная автоматизация производственных процессов, создание автоматических цехов и заводов. Под комплексной автоматизацией следует понимать такую автоматизацию, которая охватывает весь комплекс производства конкретных изделий, включая технологические процессы заготовительных цехов, механической и термической обработки, сборки, контроля и упаковки готовой продукции. Такая автоматизация позволяет обеспечить технический прогресс производства в целом, избежать погони за отдельными «рекордами» автоматизации. Для осуществления комплексной автоматизации необходимо решить задачи межучасткового транспортирования, автоматизации складирования и управления производством [1].

2 ПРИВОДЫ И МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Приводы главного движения и движения подач

В качестве приводов главного движения в автоматических машинах большое распространение получил привод с механическими коробками скоростей, которые дают возможность ступенчатой настройки частоты вращения шпинделя. В большинстве конструкций автоматов механические коробки скоростей характеризуются сравнительной простотой конструкции. Изменение частоты вращения шпинделя или распределительного вала осуществляется обычно сменными зубчатыми колесами во время наладки автомата. В станках с ЧПУ применяют автоматические коробки скоростей в приводах главного движения. К приводам главного движения предъявляют следующие требования: необходимость использования всей мощности двигателя на любой заданной частоте вращения шпинделя, длительная работа при постоянной заданной частоте вращения и др. [1].

Приводы подач сообщают движения суппортам, столам, агрегатным головкам, ползунам, заготовкам в круглошлифовальных станках, пинолям в сверлильных станках и т. д. Приводы подач должны обеспечивать: требуемый режим обработки; требуемый диапазон подач; требуемые силы; безлюфтовое движение исполнительного рабочего органа; заданное быстродействие; минимальное время на переключение скоростей и др. [1].

В зависимости от требований изменение подачи может быть плавным или ступенчатым. При осуществлении ступенчатого ряда подач применяют механизмы: множительные, преобразующие, дифференциальные и

планетарные, реверсивные, периодического действия, обгона. В зависимости от характера механизмов, используемых в приводах подач, в автоматизированном оборудовании применяют механические приводы, электромеханические приводы, гидравлические приводы, электрогидравлические приводы [1].

2.2 Гидравлический привод подач силовых столов

Гидравлический привод, обеспечивающий движение силового стола станка, должен выполнять сложный цикл: быстрый подвод стола к обрабатываемой заготовке (БП); рабочую подачу стола (РП); быстрый отвод стола с инструментами в исходное положение (БО). Эти элементы цикла должны происходить в минимальные промежутки времени, что связано с производительностью автоматического комплекса [1].

На рисунке 2.1 приведена схема изготовления типовой детали: $L_{БП}$ – путь быстрого подвода; L_P – путь, определяемый разбросом времени срабатывания устройств управления; L_H – гарантированный участок, определяемый разбросом выставления инструмента, а также допуском на размер и точностью установки заготовки; L_3 – размер пути обработки заготовки; L_B – путь выбега инструмента; $L_{БО}$ – путь быстрого отвода; L – общая длина хода инструмента [1].

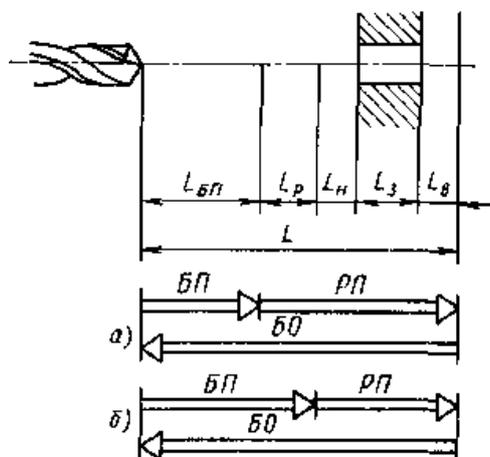


Рисунок 2.1 – Схема изготовления типовой детали:

а – цикл при электрогидроуправлении; б – цикл при механогидроуправлении

Учитывая, что в среднем в 50 % случаев путь L_P стол проходит со скоростью рабочей подачи, время цикла можно определить по формуле [1]

$$T_{Ц} = \frac{L_{БП} + 0,5L_P}{S_{БП}} + \frac{0,5L_P + L_H + L_3 + L_B}{S_{РП}} + \frac{L_{БО}}{S_{БО}}, \quad (2.1)$$

где $S_{БП}$, $S_{РП}$ и $S_{БО}$ – соответственно скорости БП, РП и БО.

Наиболее эффективный способ повышения производительности – сокращение времени движения стола со скоростью рабочей подачи до соприкосновения инструмента с заготовкой, которое определяется недоходом инструмента (путь подвода на скорости рабочей подачи). Недоход определяется главным образом величиной L_P . Если обозначить разброс времени в моменте

перехода с БП на РП через t_P , то потери времени от нестабильности момента перехода $t = (S_{БП} / S_{РП}) \cdot t_P$ [1].

В современных агрегатных станках нашли широкое применение гидравлические приводы подачи с путевым управлением переключением режимов движения. В этих приводах применяют две схемы, различающиеся типом датчика, подающего команду на переключение режимов движения: с *электрогидравлическим* управлением; с *механогидравлическим* управлением [1].

В агрегатных станках отечественной конструкции переключение режимов движения рабочих органов с БП на РП выполняется, как правило, с помощью электрогидравлических устройств – серийно выпускаемых гидропанелей УН74. Они позволяют осуществлять путевое управление переключением с БП на РП (первую и вторую), а также превращением дифференциальной схемы подключения гидроцилиндра в обычную. При этом сигнал на переключение подается от конечного выключателя, который включает электромагнит, управляющий соответствующим распределителем. Гидравлические приводы подачи с электрогидравлическим управлением имеют ряд существенных недостатков, приводящих к снижению производительности агрегатных станков: электрические устройства имеют большой разброс времени срабатывания (до 0,08 с), поэтому для предотвращения опасности поломки инструмента приходится увеличивать путь, проходимый инструментом в режиме РП, что ведет к увеличению вспомогательного времени; электрические управляющие устройства характеризуются низкой надежностью работы, что ведет к росту внецикловых потерь и, следовательно, к снижению производительности оборудования [1].

Устранение отмеченных недостатков возможно путем применения механогидравлического путевого управления переключением режимов движения, позволяющего с высокой точностью настраивать момент переключения (путь L_H составляет доли миллиметра) и отличающегося высокой надежностью работы. Расчет показывает, что замена электрогидравлического путевого управления механогидравлическим позволяет повысить цикловую производительность на 30–50 % [1].

На рисунке 2.2 представлена схема привода подачи с механогидравлическим управлением [1].

В гидросистему входят гидроцилиндр 1, гидропанель 2, распределитель 3 с электрогидравлическим управлением, обратный клапан 4. Гидропанель состоит из золотника 5 с путевым управлением, редукционного 6 и обратного 7 клапанов, дросселей 8 и 9. Переключение золотника 5 осуществляется от кулачка, установленного на подвижном силовом столе.

На рисунке 2.3 показана гидравлическая схема, которая иллюстрирует работу гидропривода. Особенность этого гидропривода – в том, что включение гидроцилиндра при БП дифференциальное, а при РП – простое. Тормозное устройство включено в напорную гидролинию.

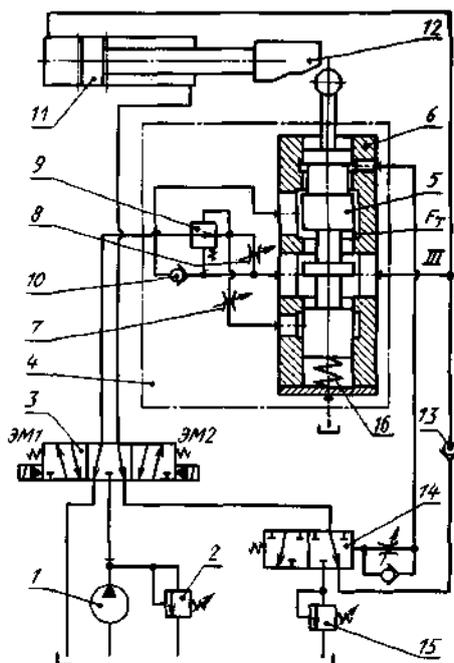


Рисунок 2.2 – Принципиальная гидравлическая схема привода подачи с механогидравлическим управлением

В гидросистему входят гидроцилиндр 1, гидропанель 2, распределитель 3 с электрогидравлическим управлением, обратный клапан 4. Гидропанель состоит из золотника 5 с путевым управлением, редукционного 6 и обратного 7 клапанов, дросселей 8 и 9. Переключение золотника 5 осуществляется от кулачка, установленного на подвижном силовом столе.

На рисунке 2.3 показана гидравлическая схема, которая иллюстрирует работу гидропривода. Особенность этого гидропривода – в том, что включение гидроцилиндра при БП дифференциальное, а при РП – простое. Тормозное устройство включено в напорную гидролинию.

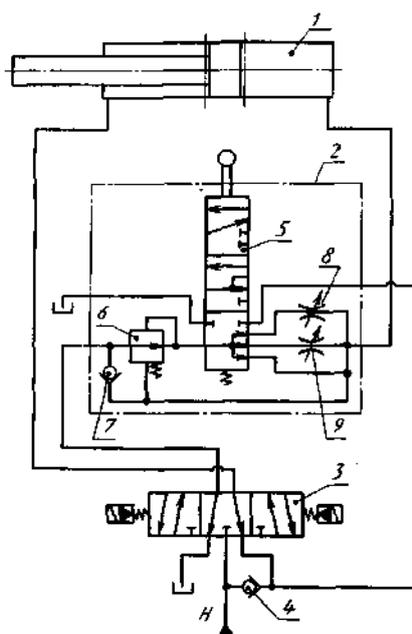


Рисунок 2.3 – Гидравлическая схема привода подачи силового стола

Гидропривод работает следующим образом. В исходном положении электромагниты $ЭМ1$ и $ЭМ2$ обесточены и плунжер распределителя 3 находится в среднем положении. Масло от насоса 1 сливается через переливной клапан 2 в бак. Плунжер 5 тормозного устройства, расположенный в корпусе 6 , пружиной 16 смещен в крайнее верхнее положение. При быстром подводе включается электромагнит $ЭМ1$, благодаря чему золотник распределителя 3 смещается вправо (по схеме), соединяя линию нагнетания с входом в гидропанель 4 . Масло от насоса 1 через путевой золотник 5 поступает в поршневую полость гидроцилиндра 11 . Одновременно масло поступает через канал дистанционного управления под правый торец распределителя 14 , смещая его золотник влево. Благодаря этому масло, вытесняемое из штоковой полости гидроцилиндра, через распределители 3 и 14 и обратный клапан 13 направляется в поршневую полость гидроцилиндра, увеличивая скорость быстрого подвода стола с инструментами к обрабатываемой изделию (дифференциальное включение гидроцилиндра).

Переключение с $БП$ на первую $РП$ производится кулачком 12 , который нажимает на ролик золотника 5 , перемещая его в среднее положение. При этом масло от насоса через редуционный клапан 9 и дроссели 7 и 8 направляются в поршневую полость гидроцилиндра. Одновременно прекращается подвод масла под торец золотника распределителя 14 , и последний под действием пружины смещается в правое положение, соединяя штоковую полость гидроцилиндра через клапан противодействия 15 со сливом (простое включение гидроцилиндра).

Команда на вторую $РП$ подается кулачком 12 , который перемещает золотник 5 в крайнее нижнее положение. При этом масло от насоса поступает в левую поршневую полость гидроцилиндра только через дроссель 8 .

Команда на быстрый отвод подается от конечного выключателя, который обесточивает электромагнит $ЭМ1$ и включает электромагнит $ЭМ2$. Золотник распределителя 3 смещается в левое положение. Масло от насоса поступает в штоковую полость гидроцилиндра, а из поршневой полости масло через обратный клапан 10 сливается в бак.

В рассматриваемой гидравлической схеме редуционный клапан 9 поддерживает постоянный перепад давления на дросселирующих щелях дросселей 7 и 8 , благодаря чему установленная рабочая подача практически не зависит от нагрузки, действующей на подвижный рабочий орган – стол. Использование в качестве регулятора редуционного клапана позволяет применить один насос для питания нескольких гидроцилиндров, так как давление в линии нагнетания не зависит от нагрузки. Дроссели 7 и 8 установлены на входе в гидроцилиндр, что повышает надежность работы агрегатного станка. Преимуществом рассмотренной гидросистемы является минимальная длина коммуникаций.

Уравнение движения поршня в цилиндре:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} = p_1 F_1 - p_2 F_2 - T, \quad (2.2)$$

где m – масса подвижных частей; S – скорость движения стола; p_1 и p_2 – давления соответственно в поршневой и штоковой полостях цилиндра; F_1 и F_2 – площади соответственно поршневой и штоковой полостей гидроцилиндра; T – сила сопротивления трению [1].

2.3 Линейный электрогидравлический привод подачи станков

Линейные электрогидравлические приводы (ЛЭГП) позволяют выполнять управляемое по программе перемещение рабочих органов станка непосредственно без применения традиционных винтовых, зубчатоременных или другого вида механических передач, необходимых при использовании электрических или электромеханических приводов вращательного движения [1].

В механизмах подачи станков с ЧПУ, рабочие органы нагружены переменными по значению и направлению силами резания, поэтому привод с рабочим органом соединяется обычно напрямую, без промежуточных передач. При этом обеспечивается максимальная жесткость системы, исключаются люфты в соединениях, а технические характеристики привода соответствуют заданным характеристикам на конечном звене – рабочем органе станка. Например, к техническим характеристикам приводов подачи фрезерных станков предъявляются следующие требования: тяговая сила – до 30 кН; скорость перемещения – около 10 м/мин; точность позиционирования 0,005–0,05 мм. Этим требованиям отвечает ЛЭГП [1].

Линейные электрогидравлические приводы имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с механическими приводами [1].

1. Они обеспечивают эффективное регулирование скорости только с определенных значений расхода, что ограничивает возможности расширения диапазона регулирования в области малых скоростей движения; ЛЭГП имеют практически неограниченные возможности получения малых скоростей движения независимо от нагрузки и изменения температуры масла [1].

2. При управлении приводом от стандартной системы ЧПУ обеспечивается высокая точность задания и поддержания заданной скорости движения, так как внешние нагрузки не передаются на задающий электродвигатель, а скорость движения выходного звена привода строго соответствует частоте вращения вала задающего двигателя [1].

3. Обеспечиваются высокие точности позиционирования при работе привода как в замкнутой системе управления, так и в разомкнутой системе с задающим шаговым двигателем. Например, при дискретности перемещения 0,01 мм точность позиционирования составляет несколько микрометров; при таких условиях обеспечивается максимальная скорость движения до 0,5 м/с. По ряду существенных параметров и эксплуатационных показателей ЛЭГП с задающим электродвигателем превосходят сервоприводы, к тому же имеется реальная перспектива их дальнейшего совершенствования [1].

На рисунке 2.4 показана конструкция ЛЭГП, обеспечивающего подачу рабочего органа автоматизированного комплекса, который связан со штоком

21. Привод состоит из силового гидроцилиндра, в котором перемещается поршень 19, золотникового распределителя 5 с электромеханическим задающим устройством и насосной установки [1].

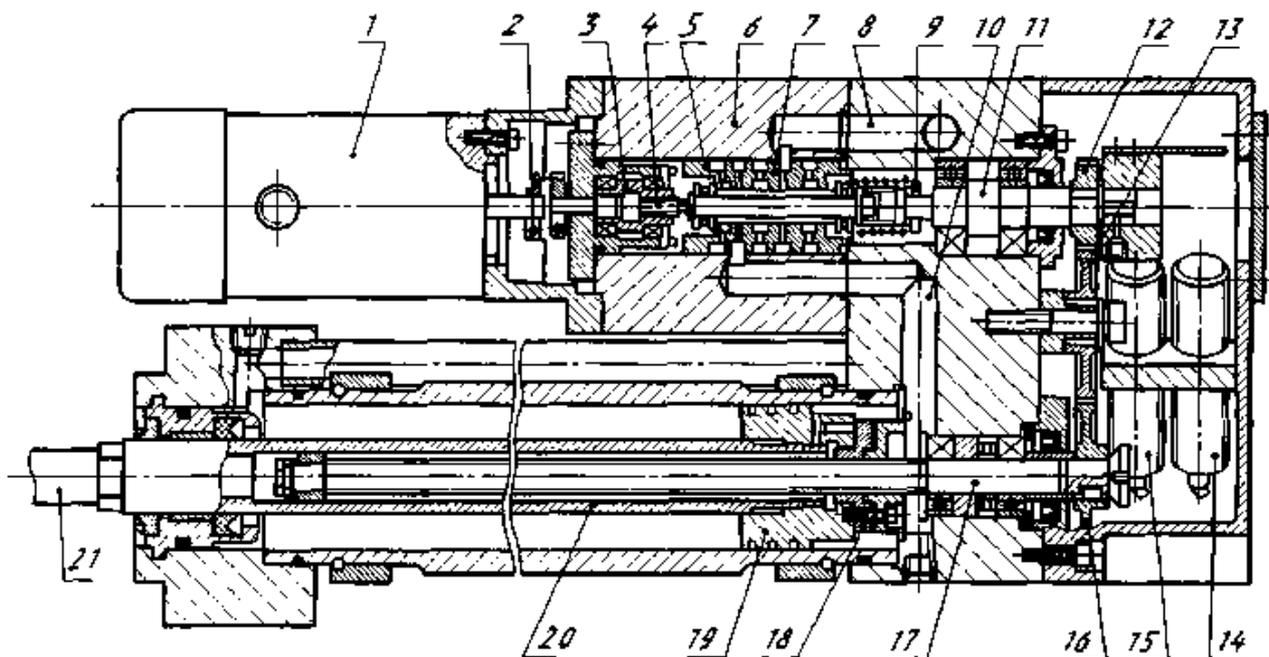


Рисунок 2.4 – Линейный электрогидравлический привод

Привод работает следующим образом. Вал задающего шагового электродвигателя 1 поворачивается в соответствии с частотой и числом импульсов, подаваемых на него системой ЧПУ. Через поводковые хомутики 2 поворот вала передается гайке 3, что вызывает осевое смещение винта 4 и золотника 5, связанного с винтом 4 через упорные подшипники. Масло под давлением 6,3 МПа из корпуса распределителя 6 через каналы и проточки во втулке 7 по каналам 8 или 10 в корпусе направляется соответственно в штоковую или поршневую полости силового цилиндра, а противоположная полость соединяется со сливом [1].

Поршень 19 и шток 20 перемещаются, и через гайку 18 с несамотормозящей резьбой движение передается винту 17, который начинает вращаться и через зубчатые колеса 16, 13 и 12 поворачивает валик 11, соединенный через шлицевую втулку 9 с винтом 4. Винт 4 поворачивается в гайке 3, и золотник 5 смещается в нейтральное положение, т. е. осуществляется отрицательная обратная связь по перемещению штока. К валику 11, угол поворота которого пропорционален перемещению штока, могут присоединяться датчики 14 и 15 положения, скорости и др. Тяговая сила на штоке 21 при длине хода 500 мм может достигать 10 кН при дискретности 0,1 мм [1].

3 ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ПОДАЧИ СИЛОВЫХ УЗЛОВ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Выпускаемые в настоящее время агрегатные, шлифовальные, фрезерно-центровальные и другие гидрофицированные станки для массового автоматизированного производства имеют, как правило, гидравлический привод с путевым управлением. Это не позволяет встраивать их в ГПС и требует разработки принципиально иных схем построения приводов [1].

Указанная цель может быть реализована при использовании ЛЭГП с автономными задатчиками перемещений (АЗП) в качестве управляющих устройств. Принципиальная схема привода показана на рисунке 3.1. [1].

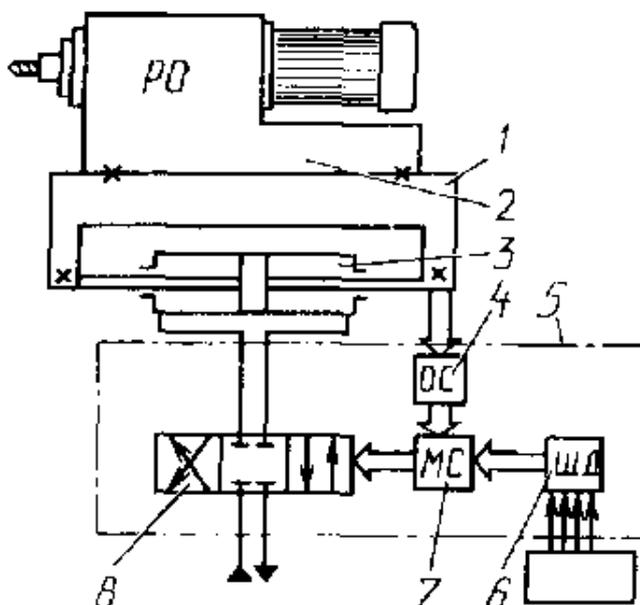


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема ЛЭГП с АЗП

Силовой стол 1 с установленным на нем рабочим органом (РО) 2 перемещается от гидроцилиндра 3. Скорость и ход устанавливаются автономным задатчиком, выполненным в виде отдельного устройства 5, состоящего из управляющего шагового двигателя (ШД) 6, дросселирующего распределителя 8, механизмов сравнения 7 и обратной связи 4.

При работе ЛЭГП с АЗП сигнал от системы ЧПУ в виде угла поворота ШД поступает в механизм сравнения, который перемещает распределитель в сторону уменьшения рассогласования между заданным положением, определяемым ШД, и фактическим положением РО [1].

3.1 Выбор конструкции ЛЭГП с АЗП

Рассмотрим основные конструкции ЛЭГП с АЗП, используемые в настоящее время в металлорежущих станках с ЧПУ.

На рисунке 3.2 приведен привод трехкоординатного фрезерного станка с ЧПУ 6520ФЗ.

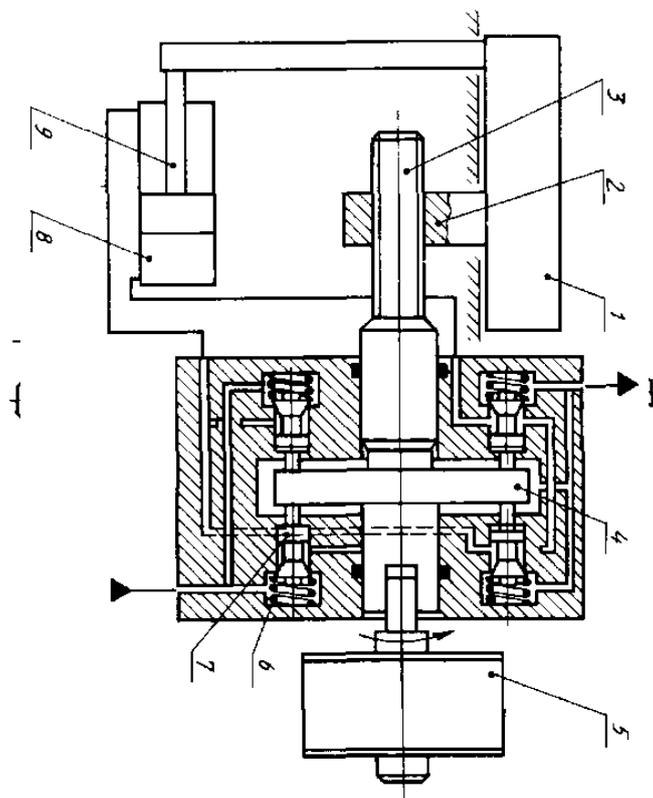


Рисунок 3.2 – Привод подачи стола фрезерного станка 6520Ф3

Стол *1* получает перемещение от гидроцилиндра *2*. Ход и скорость перемещения стола задаются шаговым двигателем *3*, откуда движение через редуктор *4*, винт *5* и рычажный механизм *9* передается на дросселирующий распределитель. Последний состоит из ролика *7*, закрепленного на подпружиненной планке *8* и ролика *6*. Ролики охватывают витки прямоугольной винтовой нарезки винта *5*, образуя безлюфтовое соединение рычага с винтом. Другой конец рычага *9* соединен с золотником *10*. Корпус *11* распределителя установлен на салазках станка, по которым перемещается стол. Перемещение стола определяется числом импульсов, подаваемых на ШД, а скорость движения – частотой следования импульсов. Одному импульсу в данном приводе соответствует перемещение 0,01 мм, диапазон рабочей подачи 1–1200 мм/мин, а скорость быстрых перемещений 4800 мм/мин. Микропереключатели *12* используются для остановки вращения ШД в тех случаях, когда смещение золотника относительно нейтрального положения превышает допустимое значение [1].

Многолетний опыт эксплуатации станков 6520Ф3 показал высокую надежность и долговечность конструкции ЛЭГП. Недостатком привода является значительная инерционность винта, а также относительно низкая точность, связанная со сложностью конструкции рычажного механизма обратной связи [1].

Последний недостаток устранен в конструкции ЛЭГП с АЗП фирмы «Хартманн» (ФРГ) (рисунок 3.3) [1].

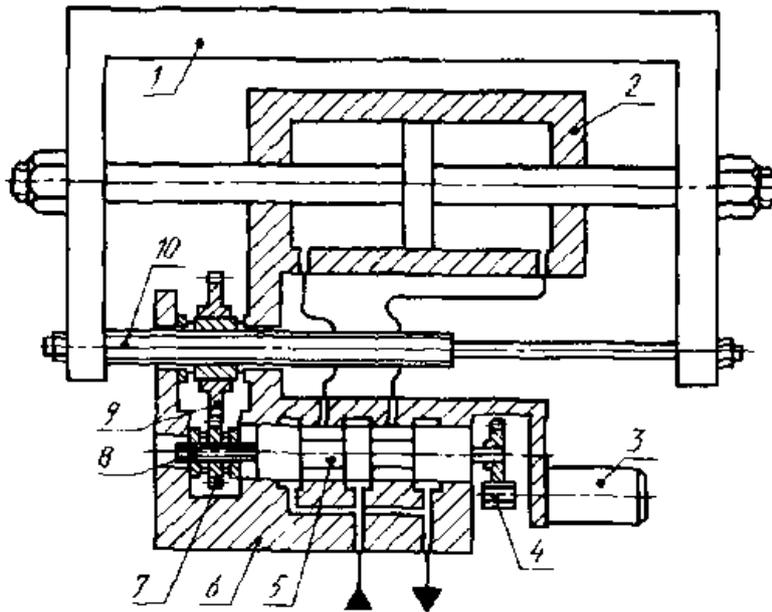


Рисунок 3.3 – Привод подачи стола фирмы «Хартманн»

Стол *1* станка связан с АЗП через винтовую передачу, содержащую винт *3* и гайку *2*. При работе привода управляющие импульсы поступают на задающие электродвигатель *5*, который поворачивает винт *3* через муфту, допускающую осевое смещение. На винте *3* жестко закреплен диск *4*, взаимодействующий с четырьмя клапанами *7*, запорные элементы которых поджаты пружинами *6*. При осевом смещении винта *3* вследствие его ввертывания (вывертывания) в гайку *2* происходит смещение запорных элементов клапанов таким образом, что проходное сечение одной пары клапанов увеличивается, а другой – соответственно уменьшается, вызывая перераспределение давления в полостях гидроцилиндра *8* и перемещение штока *9*. Шток, перемещаясь, тянет за собой стол и через гайку *2* винт *3* с диском *4*, стремясь вернуть клапаны в нейтральное положение. Четыре независимых распределительных элемента предназначены для регулирования нейтрального положения распределителя [1].

Другой вариант конструктивной реализации механизмов сравнения и обратной связи – привод, показанный на рисунок 3.4. Стол станка *1* перемещается гидроцилиндром *2*. Корпус цилиндра неподвижен, к нему прикреплен корпус *6* дросселирующего распределителя. Управляющие импульсы подаются на ШД *3*, который через зубчатую передачу *4* поворачивает золотник *5* и связанный с ним задающий винт *8*. Винт ввертывается в гайку-шестерню *7*, которая зафиксирована в осевом направлении относительно корпуса *6*, и смещает золотник *5* из нейтрального положения. Стол *1* перемещается и одновременно перемещает винт *10* обратной связи. Связанная с винтом гайка-шестерня *9* также зафиксирована в осевом направлении. Пара винт *10* – гайка *9* выполнена несамотормозящей, поэтому перемещение винта вызывает вращение гайки-шестерни *9*, которое передается гайке-шестерне *7*. Соответствующим подключением полостей гидроцилиндра *2* к распределителю и выбором направления резьбы винтов *8* и *10*, обеспечивается отрицательная обратная связь по перемещению стола [1].

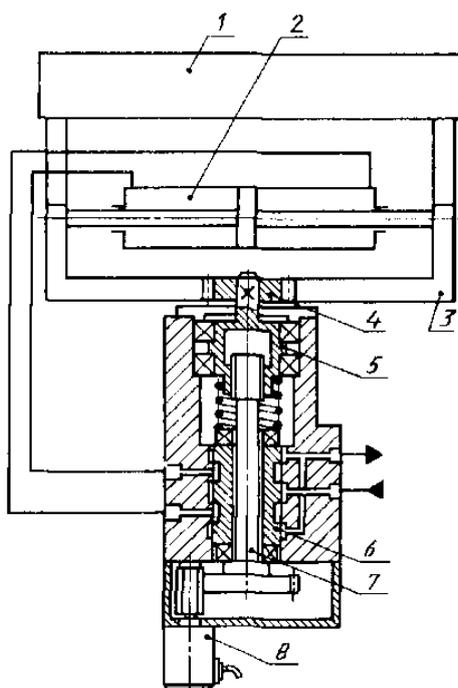


Рисунок 3.4 – Привод подачи стола фирмы «Яутзицу» (Япония)

По сравнению с рассмотренным выше этот привод более технологичен и позволяет разместить АЗП в удобном месте [1].

Другой способ уменьшения инерционной нагрузки на ШД – применение зубчато-реечных передач в механизмах обратной связи. Такой привод разработан фирмой «Рексрот» (ФРГ) (рисунок 3.5). Задающий ШД 8 поворачивает по программе винт 7, который взаимодействует с гайкой 5, связанной через реечную шестерню 4 и рейку 3 со столом 1 станка. Винт 7 и гайка 5 функционируют как сравнивающее устройство. Разность углов поворота винта (заданное перемещение) и гайки (отработанное перемещение) преобразуется в осевое смещение винта 7 и золотника 6, в результате чего изменяется давление в рабочих полостях гидроцилиндра 2, поршень цилиндра и связанный с ним стол перемещаются до тех пор, пока золотник не вернется в нейтральное положение [1].

Привод прост по конструкции, однако, как и предыдущий, не обеспечивает требуемой дискретности. Кроме того, он имеет увеличенные поперечные размеры [1].

Рассмотренные недостатки устранены в конструкции ЛЭГП с АЗП фирмы «СИГ» (ФРГ) (рисунок 3.6).

При работе привода задающий электродвигатель 2 через муфту, которая может смещаться в осевом направлении, поворачивает червяк 3, находящийся в зацеплении с червячным колесом 5. На одном валу с червяком расположен четырехкромочный золотник 4. При повороте вала электродвигателя червяк перемещается вдоль оси и смещает золотник, вызывая перераспределение давления в полостях цилиндра и перемещение поршня 7, а также связанного с ним стола 1. Обратная связь осуществляется фрикционным роликом 6, поджатым к поверхности штока. Шток, перемещаясь, поворачивает ролик 6 и сидящее с ним на одном валу червячное колесо 5, червяк 3 и золотник 4

перемещаются при этом к нейтральному положению. Пружина 8 служит для выбора люфта в кинематических передачах [1].

Привод обеспечивает высокую технологичность изготовления, независимость исполнения задатчика от длины хода рабочего органа, малую инерционную нагрузку на ШД, предохранение от поломок в случае аварий и перегрузок, дискретность 0,002–0,05 мм [1].

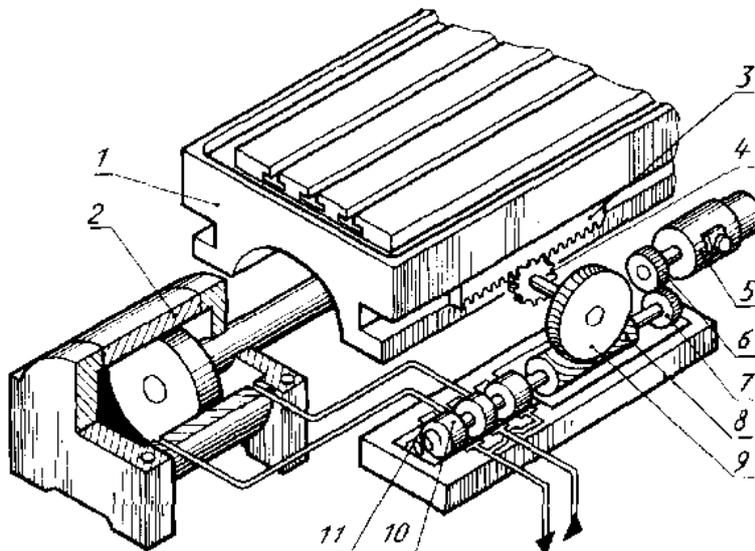


Рисунок 3.5 – Привод подачи стола фирмы «Рексрот» (ФРГ)

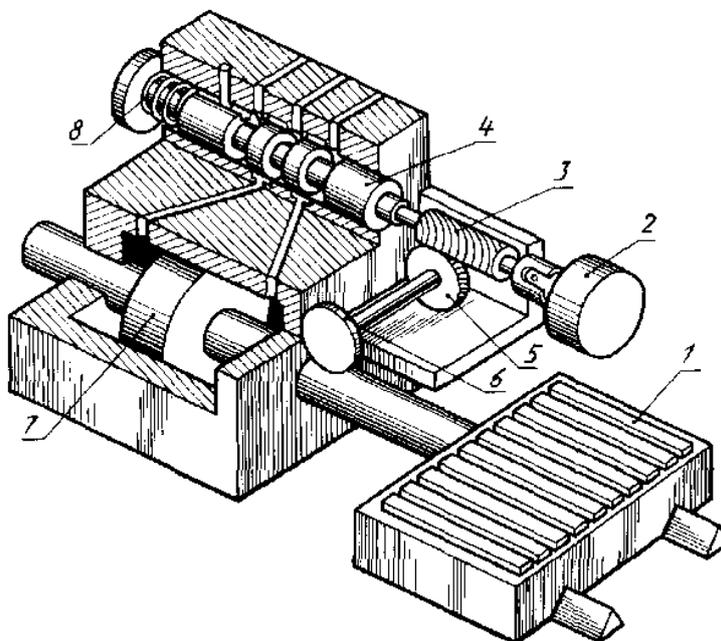


Рисунок 3.6 – Привод подачи стола фирмы «СИГ» (ФРГ)

Его недостаток – низкая точность вследствие возможности проскальзывания фрикционного ролика по штоку [1].

Более усовершенствованная схема привода представлена на рисунке 3.7.

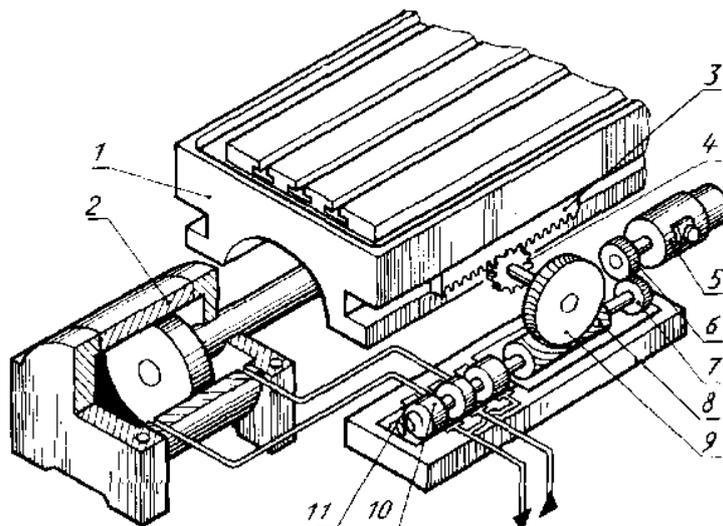


Рисунок 3.7 – Линейный электрогидравлический привод с АЗП

Автономный задатчик перемещений 5 содержит управляющий шаговый электродвигатель модели ШД5-Д1М (цена импульса – $1,5^\circ$, наибольшая частота – 800 импульсов/с), цилиндрическую зубчатую передачу с колесами 6 и 7, суммирующий механизм в виде червячной пары 8 и 9, а также дросселирующий гидрораспределитель осевого типа, четырехкромочный золотник 10 которого прижат к червяку 8 пружиной 11 [1].

Устройство управления закрепляют на неподвижной части станка и подключают к насосной установке и гидроцилиндру 2, перемещающему стол 1 станка. Стол связан с червячным колесом 9 суммирующего механизма через цепь обратной связи, реализованную с помощью зубчатого колеса 4 и измерительной рейки 3 [1].

Замена в цепи обратной связи фрикционной передачи зубчато-реечной парой гарантирует высокую точность, однако не обеспечивает автоматического предохранения элементов привода от поломок, что потребовало ввода в конструкцию АЗП специального предохранительного устройства [1].

3.2 Расчет ЛЭГП с АЗП

Инженерная методика расчета привода разработана на основании расчетных зависимостей приведенных в источнике [1, стр. 74 – 84].

Исходными данными для расчета являются: масса рабочего органа (M), длина хода (L), требования к точности позиционирования (ε), диапазону скоростей ($v_{\min} - v_{\max}$), тяговой силе (R), жесткости (J), скоростной ошибке ($\varepsilon_{СК}$) [1].

Цель расчета – выбор модификации АЗП, площади F поршня гидроцилиндра и подведенного давления p_H [1].

Расчет состоит из трех этапов.

1-й этап. По требуемому диапазону скоростей и точности позиционирования выбираем одну из модификаций привода (см. таблицу 3.1) с

дискретностью Δ , равной 0,005; 0,01 или 0,02 мм, и коэффициентом обратной связи K_{OC} , равным 0,65 или 1,30 [1].

Таблица 3.1 – Основные параметры автономного задатчика

Параметр	5Г69-14	10Г69-14	10АГ69-14	20Г69-14
Линейная дискрета, мм	0,005	0,010		0,020
Число зубьев колес z_5, z_1, z_2	24; 28; 56	24; 42; 42	48; 28; 56	48; 42; 42
K_{OC}	1,3		0,65	
Наибольшая погрешность перемещения рабочего органа без нагрузки, мм	$\pm 0,02$		$\pm 0,04$	
Рабочая скорость, мм/мин	1,5-600	3-1200		6-2400
Скорость быстрого хода, м/мин	2,4	4,8		9,6

2-й этап. Задаваясь несколькими значениями давления в напорной линии (например, p_H равно 0,2; 4; 6; 8; 10 МПа), определяем требуемую площадь гидроцилиндра по следующим четырем критериям [1].

А. Требование устойчивости согласно формуле (3.1):

$$F > F_1 = K_{3V} [K_V K_{OC} M / \lambda - 2K_P E M / (L\lambda)], \quad (3.1)$$

где K_{3V} – коэффициент запаса по устойчивости ($K_{3V} = 0,5 \dots 1,3$).

Б. Требование по полезной нагрузке согласно выражению (3.2):

$$F > F_2 = K_{3H} R / p_H, \quad (3.2)$$

где K_{3H} – коэффициент запаса по нагрузке ($K_{3H} = 0,1 \dots 1,3$).

В. Требование по жесткости в соответствии с формулой (3.3):

$$F > F_3 = J / (p_V K_{OC}), \quad (3.3)$$

Г. Требование по скоростной ошибке согласно выражению (3.4):

$$F < F_4 = K_{F4} \varepsilon_{СК} / \dot{x}_O, \quad (3.4)$$

где K_{F4} – коэффициент пропорциональности.

В данных выражениях: K_V – коэффициент усиления золотника, характеризующий возрастание расхода при увеличении рабочей щели; K_P – коэффициент податливости золотника, характеризующий уменьшение расхода при возрастании перепада давления в полостях гидроцилиндра,

$$K_V = 0,5 \cdot 10^{-4} \sqrt{p_H} \text{ (м}^2/\text{с)}, \quad (3.5)$$

$$K_P = 0,7 \cdot 10^{-8} / \sqrt{p_H} \text{ (м}^3/[\text{Па} \cdot \text{с})]; \quad (3.6)$$

λ – коэффициент вязкого трения в направляющих и уплотнениях штока (для станочных гидроприводов можно принять $\lambda = 1,5 \cdot 10^4$ кг/с); $E = 1,5 \cdot 10^9$ Па – модуль упругости рабочей жидкости; угол силовой характеристики

$$p_V = 0,47 \cdot 10^5 p_H \text{ (Па)}; \quad (3.7)$$

скоростная погрешность привода, характеризующая задержку стола на величину $\varepsilon_{СК}$ при движении со скоростью \dot{x}_0

$$\varepsilon_{СК} = \frac{1,62 \cdot 10^{-5} F \dot{x}_0}{K_{OC} \sqrt{p_H}} \text{ (мм)}. \quad (3.8)$$

Окончательно для расчета площади F получаем следующую систему неравенств:

$$\left. \begin{aligned} F > F_1 &= 10^{-2} K_{3V} M [3,34 K_{OC} \sqrt{p_H} - 1,31 / (L \sqrt{p_H})]; \\ F > F_2 &= 10 K_{3H} R / p_H; \\ F > F_3 &= 0,4 J / (p_H K_{OC}); \\ F < F_4 &= 0,62 \cdot 10^5 \varepsilon_{СК} K_{OC} \sqrt{p_H} / \dot{x}_0, \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

где F – в см^2 , M – в кг, L – в м, p_H – в МПа, \dot{x}_0 – в мм/мин, R – в кН, $\varepsilon_{СК}$ – в мм, J – в Н/мкм.

Кроме того, на параметры p_H и F накладываются следующие ограничения

$$\left. \begin{aligned} p_{H \min} &\leq p_H \leq p_{H \max}; \\ F_{\min} &\leq F \leq F_{\max}, \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

где $p_{H \min}$, $p_{H \max}$, F_{\min} , F_{\max} , – допустимые значения соответственно давления и площади гидроцилиндра.

3-й этап. Проверяем качество переходного процесса спроектированного привода. Если привод окажется излишне задемпфированным (время переходного процесса $T > 0,1$ с, перерегулирование $A = v_{\max} / v_p \approx 1$), необходимо увеличить давление или уменьшить площадь в пределах их допустимых значений, если же привод окажется излишне колебательным ($T < 0,05$ с, $A > 1,3$), необходимо уменьшить давление или увеличить площадь.

Если пересечения областей в соответствии с выражениями (3.9) и (3.10) не существует, необходимо пересмотреть требования к жесткости и скоростной ошибке (уменьшить их) или, если это сделать невозможно, следует принять другую конструкцию АЗП.

4 ЦЕЛЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Механизмы, служащие для выполнения отдельных элементов технологического процесса и частных движений рабочего цикла на автомате или автоматической линии, называют целевыми [1].

По характеру работы все целевые механизмы могут быть разделены на две группы:

- целевые механизмы рабочих ходов;
- целевые механизмы вспомогательных ходов [1].

4.1 Узлы агрегатных станков и автоматических линий

Силовые узлы предназначены для сообщения режущим инструментам главного движения и движения подачи (силовые головки) или только движения подачи (силовые столы) [1].

Для привода главного движения (вращательного) в силовых головках обычно применяют электродвигатели, а для привода подачи – кулачки, винтовые передачи, цилиндры (пневматические, гидравлические и пневмогидравлические) [1].

По конструкции механизма подач различают головки с подвижной пинолью и с подвижным корпусом [1].

В зависимости от расположения привода подач силовые головки могут быть самодействующими и несамодействующими. В самодействующих силовых головках как привод вращения шпинделя, так и все элементы привода подачи (резервуар для масла, насос, гидрпанель управления) расположены в корпусе головки. В несамодействующих силовых головках привод подач расположен вне головки и силовую головку обычно устанавливают на силовом столе, который подключается к насосной станции станка или имеет самостоятельный привод [1].

По мощности двигателя силовые головки можно разделить на микросиловые (0,1–0,4 кВт), малой мощности (0,4–3,0 кВт), средней мощности (3,0–15 кВт), большой мощности (15–30 кВт) [1].

В зависимости от типа привода подач различают головки механические (кулачковые и винтовые), пневматические, гидравлические и пневмогидравлические [1].

Силовые головки могут работать с различными циклами, например: а) быстрый подвод – рабочая подача (одна или две) – быстрый отвод; б) быстрый подвод – рабочая подача – быстрый подвод – рабочая подача – быстрый отвод и др. [1].

В последнее время при компоновке агрегатных станков и автоматических линий вместо единого узла – силовой головки – применяют расчлененные силовые узлы, состоящие из силовых столов и инструментальных бабок. Дифференциация силовых узлов, т. е. применение силовых столов вместе с

инструментальными бабками, расширяет технологические возможности агрегатных станков [1].

Гидравлические силовые головки получили наиболее широкое применение в агрегатных станках и автоматических линиях, что объясняется значительными их преимуществами по сравнению с головками других типов [1].

Мощность электродвигателя гидравлических головок 2–30 кВт, а осевая сила, которую может развивать силовая головка, – до 10^5 Н [1].

Гидравлические силовые головки выполняют как самодействующими, так и несамодействующими [1].

Головки обоих типов предназначены для одновременной обработки нескольких отверстий. Для этого на передний торец головки устанавливают шпиндельную коробку. Самодействующие силовые головки имеют также одношпиндельные модификации, в которых приводной вал заменен шпинделем и имеется редуктор со сменными шестернями. Одношпиндельные силовые головки изготовляют в горизонтальном и вертикальном исполнениях с расположением электродвигателя сверху или сзади [1].

На рисунке 4.1 приведена самодействующая одношпиндельная силовая головка с верхним расположением электродвигателя.

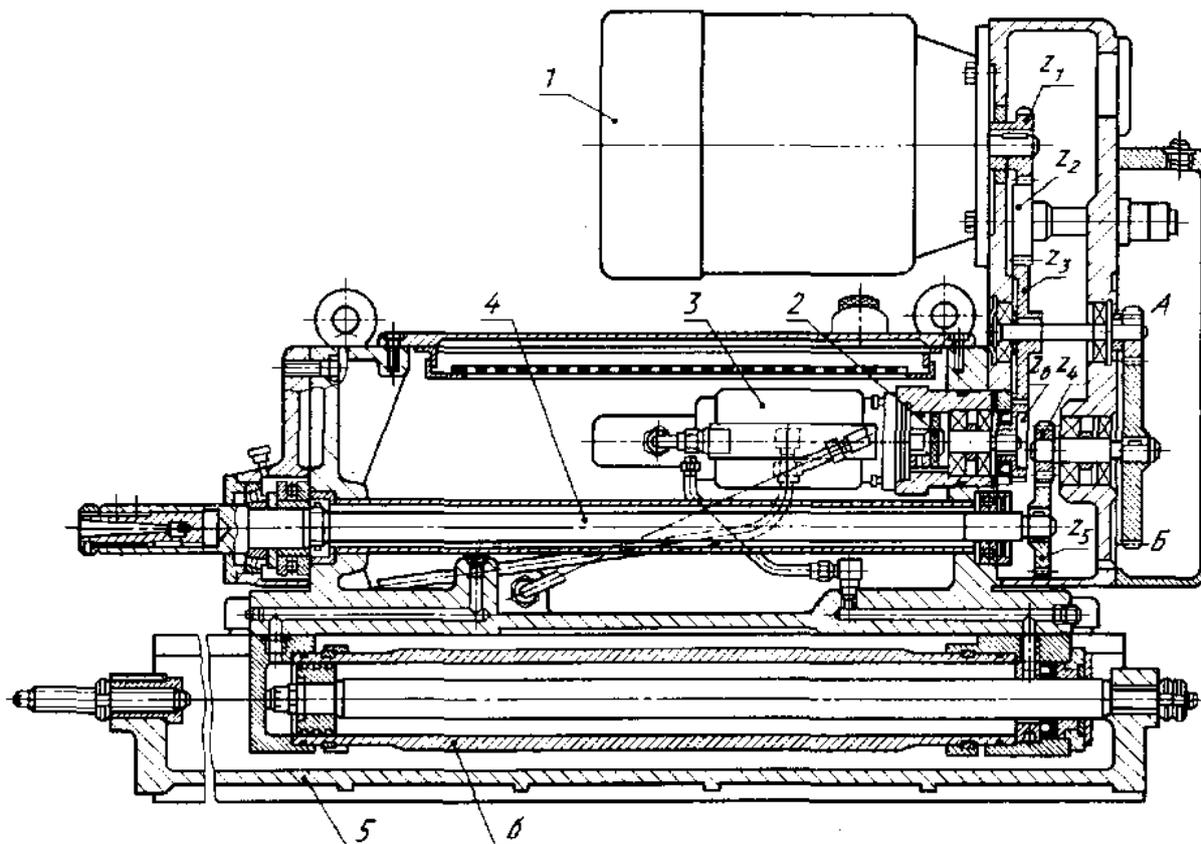


Рисунок 4.1 – Самодействующая одношпиндельная силовая головка

Движение от электродвигателя 1 через цилиндрические зубчатые колеса z_1 , z_2 , z_3 , сменные колеса А и Б, цилиндрические колеса z_4 и z_5 передается на шпиндель 4 головки. Одновременно от зубчатого колеса z_3 через зубчатое колесо z_6 , упругую муфту 2 получает вращение малогабаритный пластинчатый

насос 3, подающий масло через гидропанель в гидроцилиндр подачи 6, предназначенный для перемещения корпуса головки по направляющей плите 5. Управление циклом работы головки производится с помощью кулачков, закрепленных в T-образных пазах направляющей плиты и непосредственно воздействующих на рычаг гидропанели, прикрепленной снаружи к корпусу головки (гидравлические упоры управления), либо электромагнитов, включаемых конечными выключателями, на которые воздействуют соответствующие кулачки (электрические упоры управления). Число и расположение упоров управления зависят от требуемого цикла работы головки [1].

Регулированием положением упоров, воздействующих на золотники или на конечные выключатели, обеспечивается получение необходимых циклов работы, точный останов, работа по жесткому упору [1].

По способу регулирования подачи различают гидроприводы головок с дроссельным и объемным регулированием [1].

Плоскокулачковые силовые головки предназначены для обработки отверстий. Головки выполняют с подвижной пинолью. Цикл их работы состоит из быстрого подвода, рабочей подачи и быстрого отвода пиноли. Может быть также выполнено ступенчатое сверление с небольшим числом ступеней. Пинольные плоскокулачковые головки выпускают трех габаритов: габарита 03 с мощностью электродвигателя N , равной 0,6 и 0,8 кВт, габарита 05 с N , равной 1,1; 1,5; 2,2 кВт, габарита 06 с N , равной 2,2 и 3 кВт [1].

На рисунке 4.2 приведена конструктивно-кинематическая схема плоскокулачковой силовой головки габарита 03.

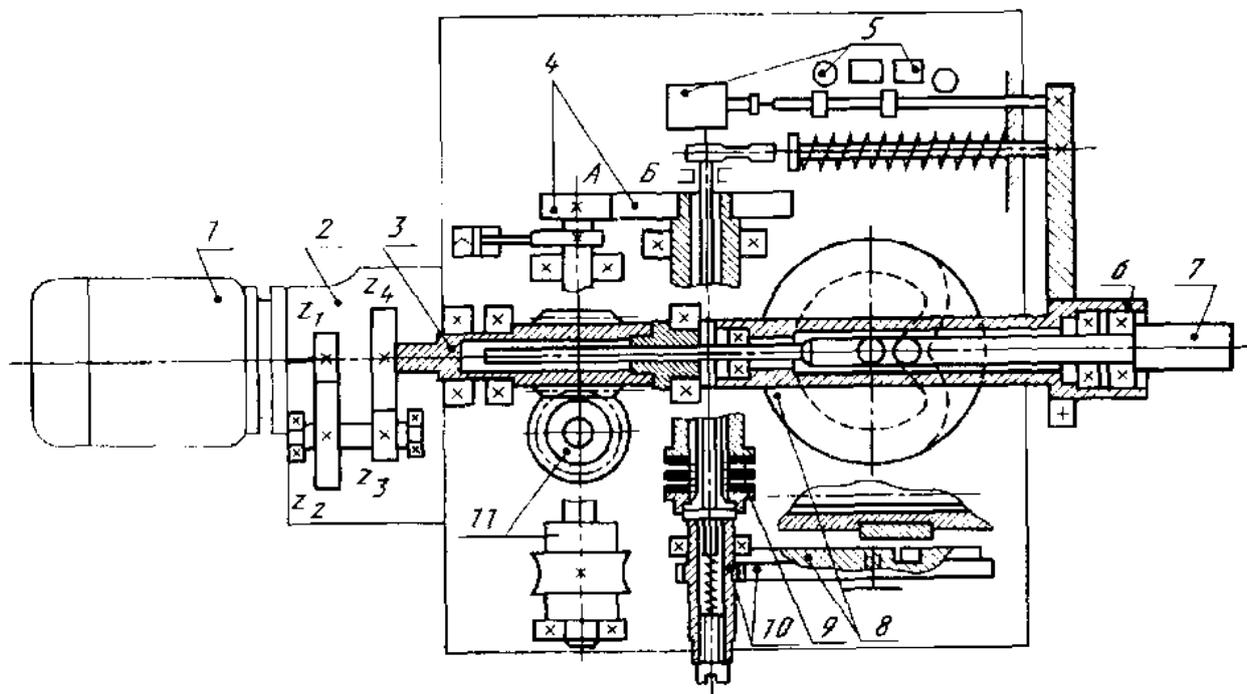


Рисунок 4.2 – Конструктивно-кинематическая схема плоскокулачковой силовой головки

Шпиндель головки 7 приводится во вращение электродвигателем 1 через редуктор 2 и червяк 3. Подача пиноли 6 осуществляется от кулачка 8, который приводится во вращение от червяка 3, червячного колеса 11, сменных зубчатых колес 4 и пары цилиндрических колес 10. В цепи подач головки установлена предохранительная муфта 9 для предотвращения поломок инструмента при чрезмерном возрастании нагрузки. При возвращении в исходное положение (быстрый обратный ход) нажимается конечный выключатель 5 (левый), дающий команду на выключение и торможение электродвигателя 1. При нарезании резьбы устанавливают дополнительные конечные выключатели 5, контролируемые крайнее переднее положение пиноли и дающие команду на реверс электродвигателя [1].

Ручное установочное перемещение головки по направляющей плите производится с помощью винтовой передачи [1].

В последнее время в агрегатных станках получили применение шпиндельные узлы, которые предназначены для создания главного вращательного движения инструмента, а для сообщения инструменту движения подачи эти узлы устанавливают на силовые столы. К шпиндельным узлам относятся шпиндельные коробки, сверлильные, расточные и другие бабки [1].

Шпиндельные коробки предназначены главным образом для выполнения сверлильно-расточных операций. Коробки некоторых модификаций предназначены для нарезания резьбы в отверстиях. Шпиндельные коробки устанавливают на силовых головках с перемещающимся корпусом и на силовых столах. В последнем случае на силовом столе закрепляют упорный угольник, на вертикальной плоскости которого устанавливают шпиндельную коробку. Все детали шпиндельных коробок стандартизированы. По специальным чертежам выполняют только растачивание отверстий в заготовках корпусных деталей и сборку коробок [1].

Сверлильные бабки служат для сверления, зенкерования и развертывания отверстий [1]. Сверлильная бабка (рисунок 4.3) состоит из шпинделя 1 и корпуса 2 с фланцем 3 для установки привода вращения шпинделя.

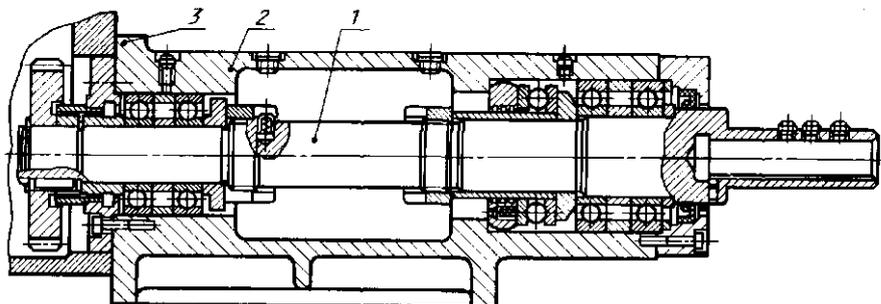


Рисунок 4.3 – Сверлильная бабка

Шпиндель установлен на радиальных шариковых подшипниках. Осевая сила воспринимается упорным подшипником, установленным в передней опоре. На корпусе могут закрепляться кронштейн со штангами для установки кондукторной плиты. Для сообщения инструменту движения подачи сверлильная бабка устанавливается на силовом столе [1].

Расточные бабки предназначены для растачивания отверстий без направления по кондукторным втулкам [1].

В корпусе 2 (рисунок 4.4) расточной бабки смонтирован шпиндель 3. Передней опорой шпинделя служит двухрядный роликовый подшипник с коническим отверстием внутреннего кольца, а задней опорой – два радиальных шарикоподшипника. Осевые силы воспринимаются упорными шарикоподшипниками. Для установки привода вращения шпинделя на корпусе бабки выполнен фланец 1 [1].

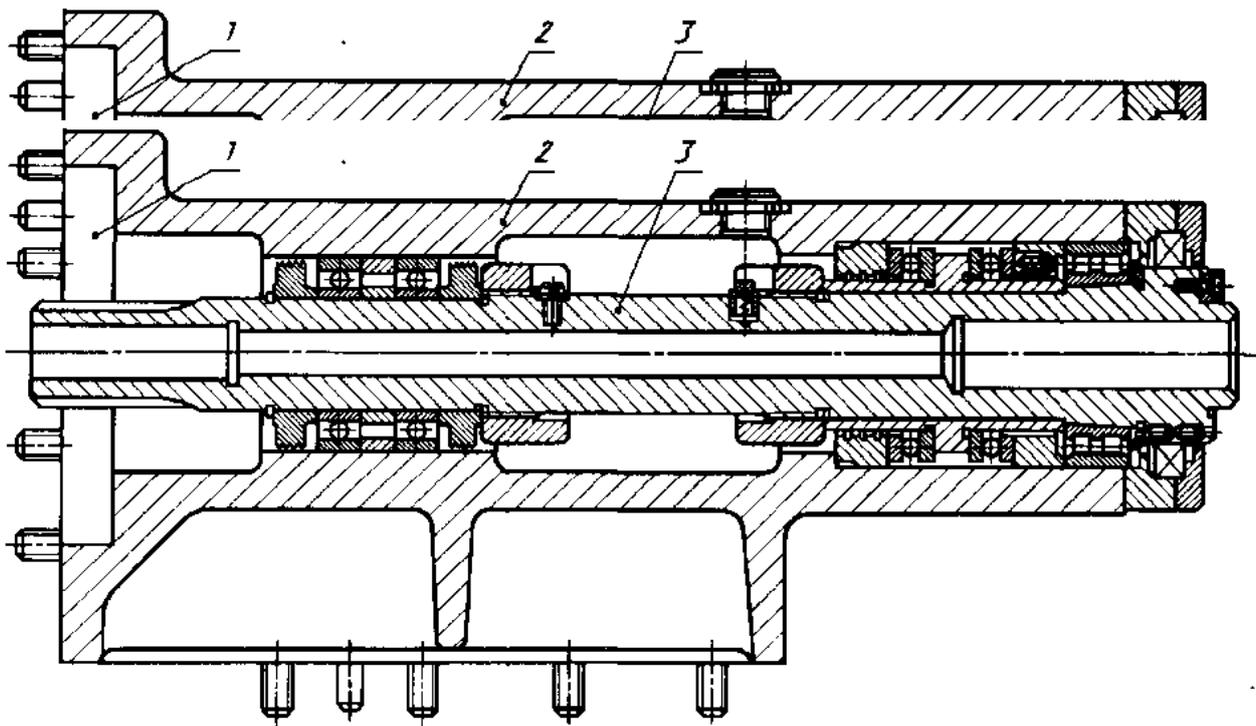


Рисунок 4.4 – Расточная бабка

Для осуществления подачи бабки устанавливают на силовые столы. Иногда бабки устанавливают неподвижно, а подача выполняется путем перемещения приспособления с обрабатываемой деталью [1].

Расточные бабки изготовляют нормальной и повышенной точности [1].

Силовые столы служат для установки на них шпиндельных узлов с самостоятельным приводом вращения (фрезерных, расточных, сверлильных бабок и др.) или приспособлений с обрабатываемой заготовкой для осуществления рабочих циклов прямолинейной подачи. Силовые столы выпускают с гидравлическим и электромеханическим приводом [1].

Гидравлический силовой стол [1] показан на рисунке 4.5.

Силовой стол включает в себя платформу 1, гидроцилиндр 2, полый шток 3 и направляющую плиту 4. Корпус гидроцилиндра 2 крепят к платформе стола, а шток 3 – к направляющей плите. Стол имеет автоматический цикл работы. При ускоренном подводе и рабочей подаче масло подается в штоковую полость цилиндра 2. Управление работой стола осуществляется от упоров, которые установлены в пазу платформы и воздействуют на конечные выключатели, подающие сигнал электромагнитам, управляющим золотниками гидропанели [1].

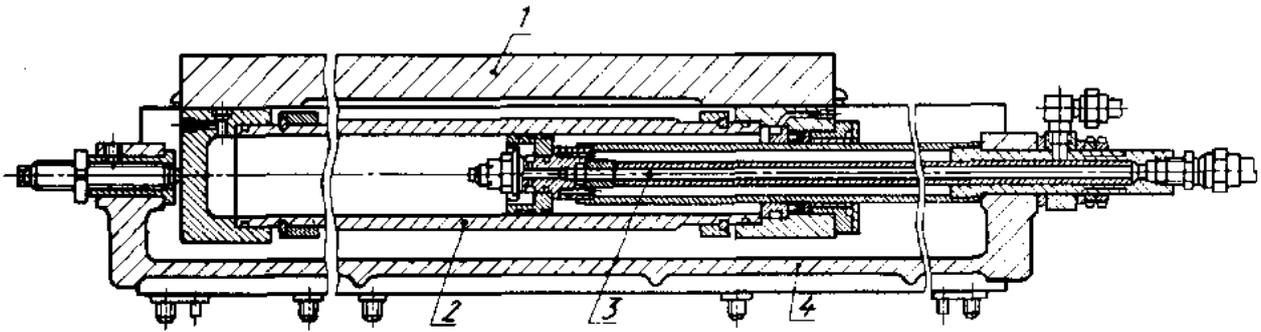


Рисунок 4.5 – Гидравлический силовой стол

Гидравлические столы могут быть горизонтального и вертикального исполнений [1].

4.2 Контрольные устройства автоматических линий и гибких производственных систем

В автоматических линиях (АЛ), многоцелевых станках с ЧПУ и ГПС для повышения надежности оборудования и точности обработки используют контрольно-блокировочные устройства различного назначения [1].

В автоматизированном производстве применяют активный и пассивный контроль обрабатываемых заготовок. Активным, или управляющим, контролем называют измерение параметров обрабатываемой заготовки или технологического процесса, которое осуществляется в процессе обработки заготовки, результаты измерений используют для управления процессом изготовления. Пассивным, или приемочным, контролем называют контроль готовой продукции, при котором принимают решение о ее пригодности к дальнейшему использованию [1].

В ГПС и АЛ перед началом обработки сначала требуется распознать заготовку и проверить правильность ее установки в рабочем пространстве. В этих целях, например, на многоцелевых станках в рабочий шпиндель устанавливают измерительный щуп, который для распознавания заготовки подводится к определенной базовой поверхности заготовки, а в автоматических линиях из агрегатных станков имеются специальные контрольные позиции [1].

Технологический процесс обработки контролируется следующим образом: определением крутящего момента, силы резания при сверлении, проверкой стойкости инструмента и т. д. [1].

Контроль крутящего момента используют для защиты от поломок дорогостоящего специального инструмента, многошпиндельных сверлильных головок и других инструментов, а также для определения степени изнашивания инструментов. Для расчета крутящего момента измеряют силу тока, потребляемого электродвигателем привода главного шпинделя, который пропорционален крутящему моменту [1].

Осевую силу при сверлении измеряют главным образом для контроля обработки спиральными сверлами малого диаметра. Для этого в одной из подшипниковых опор шпинделя, воспринимающей осевую нагрузку,

устанавливают тензометрический датчик, который выдает сигналы, пропорциональные силе резания [1].

Стойкость инструмента контролируют сравнением действительного времени работы инструмента со стойкостью инструмента данного типа, которая определена опытным путем и значение которой введено в систему управления. При работе инструмента время резания считывается с первоначально введенной стойкости, и при достижении предельного значения стойкости выдается соответствующий сигнал на блокировку или замену инструмента [1].

Для измерения линейных размеров в автоматических системах контроля в последнее время получают широкое применение электронные преобразователи. В электронных преобразователях [1] в качестве чувствительного элемента используют механотроны. Выходной сигнал с механотрона поступает в электронные блоки, обеспечивающие обработку и передачу измерительной информации в исполнительную электрическую схему контрольного устройства. Механотрон – это электровакуумный прибор с механически управляемыми электродами. Работа механотрона основана на преобразовании перемещения внешнего конца стержня, впаянного в мембрану, и подвижного электрода, закрепленного на внутренней части стержня, относительно неподвижного электрода, что вызывает изменение силы анодного тока и выходного сигнала механотрона. Измерительная информация передается на стержень механотрона различными способами. Механотрон может встраиваться в измерительную станцию непосредственно. Тогда его стержень контактирует с первичным механическим преобразователем линейных перемещений. В этом случае конструкция станции должна быть такой, чтобы были возможны замена механотрона и регулирование его положения относительно первичного преобразователя. Используют также преобразователи линейных перемещений с встроенными механотронами.

На рисунке 4.6 показана конструкция преобразователя линейных перемещений с использованием механотрона 6МХ1С.

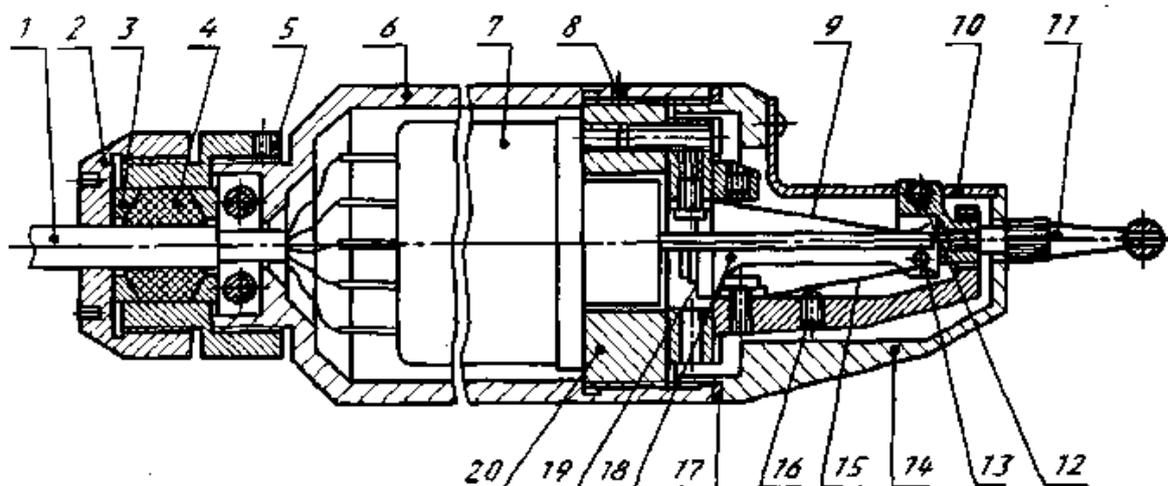


Рисунок 4.6 – Устройство преобразователя с механотроном 6МХ1С

К механотрону 7 приклеено кольцо 20. Резьбовое соединение корпуса 6 и кольца 20 зафиксировано стопорным винтом 8. Корпус 6 служит для крепления

преобразователей и защищает стеклянную колбу механотрона от внешних воздействий. Экранированный провод 1 закреплен в корпусе 6 с помощью гайки 2, шайбы 3, резинового кольца 4 и резьбовой втулки 5. Подвижный стержень механотрона 7 контактирует с измерительным рычагом 18 через штифт 13, причем сила контактирования создается плоской пружиной 9. На преобразователь перемещения передаются через шарик 12 или наконечник 11, закрепленный на измерительном рычаге 18.

Силу на шарик 12 и наконечник 11 создает плоская пружина 15. Для регулирования этой силы служит винт 16. Измерительный рычаг 18 подвешен на плоской пружине 19. Защитный колпачок 14 укреплен на корпусе 6 с помощью резьбового соединения. Компенсационная шайба 17 ориентирует колпачок 14 относительно измерительного рычага 18. Крышка 10 предохраняет подвижные детали преобразователя от поломок [1].

На рисунке 4.7 показана измерительная головка МІКРОМАР фирмы «Марпосс» (ФРГ). Контрольно-измерительная аппаратура фирмы «Марпосс» предназначена для контроля обрабатываемых деталей на шлифовальных станках. Измерительная головка МІКРОМАР включает в себя держатели 1, головку 2, рукоятку настройки 3 и гидрокаретку 4. Головка предназначена для активного контроля наружных гладких диаметров. Она измеряет диаметр заготовки во время обработки, перерабатывает и выдает на ЭВМ и оператору всю информацию, необходимую для оптимизации цикла [1].

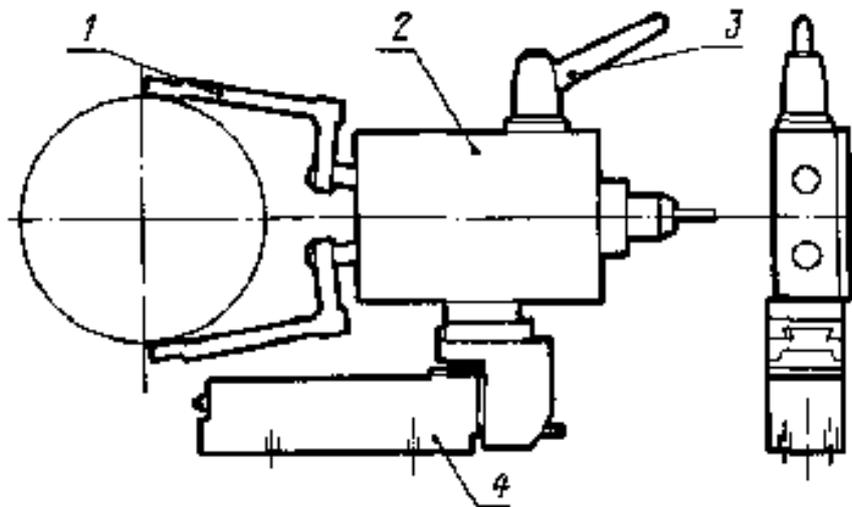


Рисунок 4.7 – Измерительная головка МІКРОМАР

При шлифовании с автоматическим циклом электронный блок головки может во время шлифования заготовки подавать сигналы, обеспечивающие изменение скорости подачи, ее прекращение, переход к выхаживанию, возврат круга. Измерительная головка оснащена специальной системой настройки, которая позволяет быстро (за время не более 10 с) перейти от измерения одного диаметра к измерению другого. С помощью такой головки при использовании трех пар шупов измеряют диаметры 5–180 мм [1].

На рисунке 4.8 показан измерительный датчик фирмы «Ренишау» (Англия), который устанавливается в магазине и как инструмент автоматически

может быть установлен в рабочем шпинделе. Датчик позволяет измерять диаметр исходной заготовки, контролировать положение приспособления, измерять диаметр отверстия и т. д. [1].

Подпружиненный щуп 1 (рисунок 4.8), который может свободно отклоняться на некоторое расстояние от своего среднего положения в радиальном и осевом направлениях, монтируют в корпусе 2, который заканчивается конической оправкой 4, размеры которой такие же, как и у инструментной оправки, применяемой на станке с магазином режущих инструментов. При установке в рабочий шпиндель станка датчик автоматически закрепляется. На корпусе имеется устройство 3, предназначенное для передачи сигнала в момент, когда щуп датчика входит в контакт с измеряемой поверхностью. Внутри датчика находится источник питания и генератор инфракрасного излучения. В момент касания щупом измеряемой поверхности инфракрасное излучение поступает в приемник 5, расположенный над шпинделем [1].

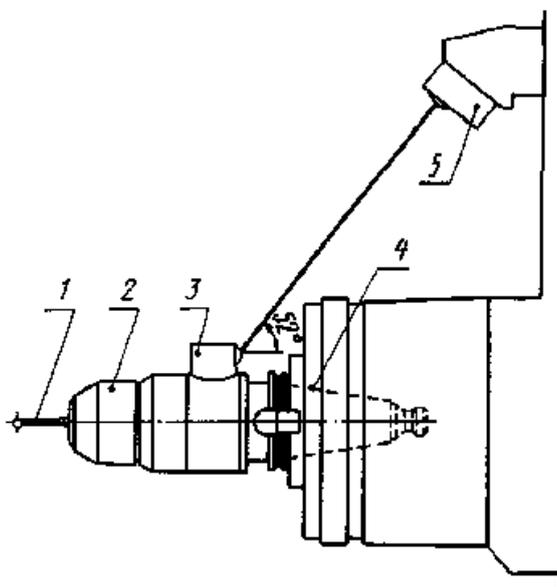


Рисунок 4.8 – Измерительный датчик фирмы «Ренишау»

Далее полученный сигнал обрабатывается и поступает в ЧПУ станка. Устройство используют тогда, когда по программе необходимо выполнить, например, контроль обработанного отверстия или какую-либо другую измерительную операцию [1].

На рисунке 4.9 показана измерительная машина BRAVO фирмы «ДЕА».

Данная машина служит для измерения заготовок сложной конфигурации на линии производства. В машине имеются два робота 1, измеряющие размеры заготовки с помощью щупа 2 по заданной программе. Щупы 2 перемещаются с большой скоростью и измеряют размеры заготовки по трем координатам. Машина снабжена многопроцессорной системой управления одновременно по шести координатам, имеет большой объем памяти на гибких дисках и связь с центральной ЭВМ [1].

В измерительных машинах фирмы «ДЕА» используются электронные щупы двух типов: для точечного измерения и для непрерывного измерения [1].

Щупы для точечного измерения могут быть однократные (рисунок 4.10, *а*) и многократные (рисунок 4.10, *б*). Однократные щупы (ТФ-6) устанавливают в пяти специальных гнездах головки машины, но для того, чтобы измерять разные поверхности заготовки, необходимо менять их направление в течение цикла измерения. Многократные щупы (ТФ-10, ТФ-56) имеют контактные наконечники, которые обеспечивают доступ ко всем граням заготовки без замены инструмента. В цельном многократном щупе ТФ-30 имеются пять электронных контактных наконечников, установленных в головке щупа, которая может быть смонтирована в любом из пяти гнезд головки измерительной машины [1].

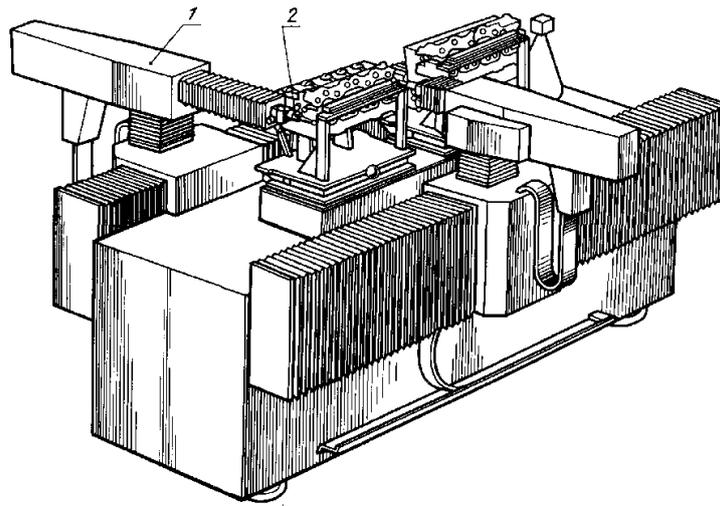


Рисунок 4.9 – Измерительная машина BRAVO

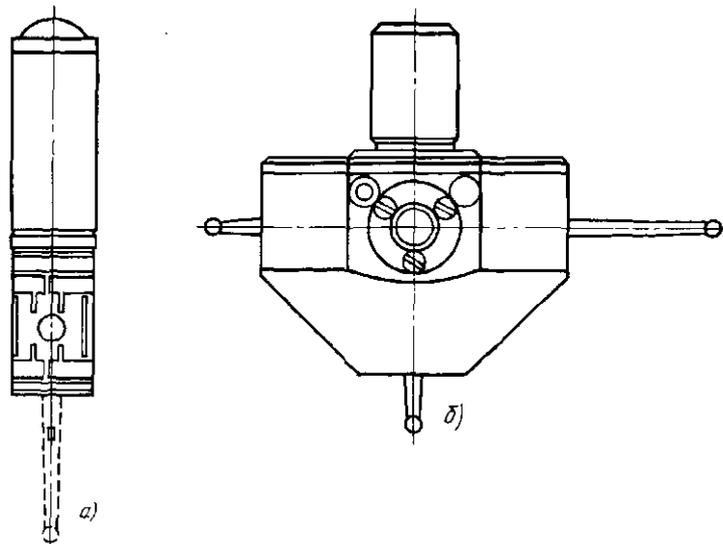


Рисунок 4.10 – Электронные щупы

Электронные щупы непрерывного измерения сконструированы так, что при измерении находятся в постоянном контакте с измеряемой поверхностью; по своим конструктивным характеристикам они представляют собой маленькие измерительные машины с собственными датчиками [1].

4.3 Поворотно – фиксирующие механизмы станков и автоматических линий

В автоматах и полуавтоматах, на агрегатных станках и автоматических линиях, многоцелевых станках с ЧПУ и ГПС находят применение специальные механизмы, выполняющие поворот и фиксацию различных узлов, которые обеспечивают заданное положение заготовке или инструменту в процессе обработки [1].

Поворотные устройства. При последовательной обработке заготовки набором различных инструментов и при их автоматической смене широко применяют револьверные головки с вертикально, горизонтально и наклонно расположенными осями вращения. Перемещение обрабатываемых заготовок с позиции на позицию при обработке на многопозиционных станках осуществляется с помощью шпиндельных блоков, поворотных столов. Шпиндельные блоки используются в многошпиндельных токарных автоматах, поворотные столы – на агрегатных станках и автоматических линиях, многоцелевых станках с ЧПУ. Поворотные столы выполняют три основные функции: транспортирование обрабатываемых заготовок, их точную фиксацию в требуемом по отношению к режущим инструментам положении и сохранение этого положения в течение всего цикла обработки [1].

Поворот столов может осуществляться механическими, электромеханическими, гидравлическими и пневматическими приводами [1].

Механизмы фиксации предназначены для точной установки поворачиваемых узлов и предотвращения их смещения под действием усилий, возникающих в процессе обработки [1].

На рисунке 4.11 приведены конструкции механизмов фиксации, применяемые в поворотных делительных столах [1].

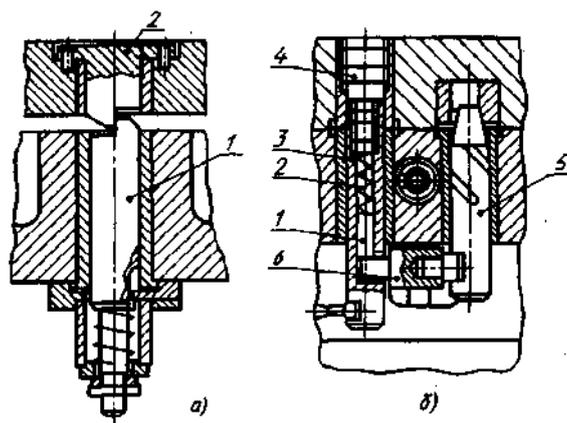


Рисунок 4.11 – Механизмы фиксации

Механизм одинарной фиксации (рисунок 4.11, а) имеет подпружиненный фиксатор 1 и сменный упор 2. Контактные поверхности плоские и параллельны оси фиксатора. Такая конструкция упора 2 дает возможность путем его подгонки выверять каждое приспособление с высокой точностью.

Механизм двойной фиксации (рисунок 4.11, б) состоит из двух фиксаторов – цилиндрического 3 и конического 5, управляемых от кулачка через систему рычагов, которые с помощью пружин вводят фиксаторы в фиксаторные втулки планшайбы. Цилиндрический фиксатор 3 составной и срезан со стороны подхода планшайбы. В процессе фиксации цилиндрический фиксатор входит в свою втулку с большим зазором, что гарантирует от переброса планшайбы через позицию при большой скорости поворота. При этом фиксатор 3 входит в гнездо до упора в пробку 4, и, так как он соединен с рычагом 6 через толкатель 1 и пружину 2, при его остановке рычаг продолжает двигаться и с помощью конического фиксатора 5 доводит планшайбу до упора в цилиндрический фиксатор. Механизм фиксации снабжен электроблокировочным устройством, сигнализирующим об окончании фиксации, когда фиксаторы переместятся в крайнее верхнее положение и войдут в фиксаторные втулки.

Поворотный делительный стол диаметром 500 мм с электромеханическим приводом показан на рисунке 4.12 [1].

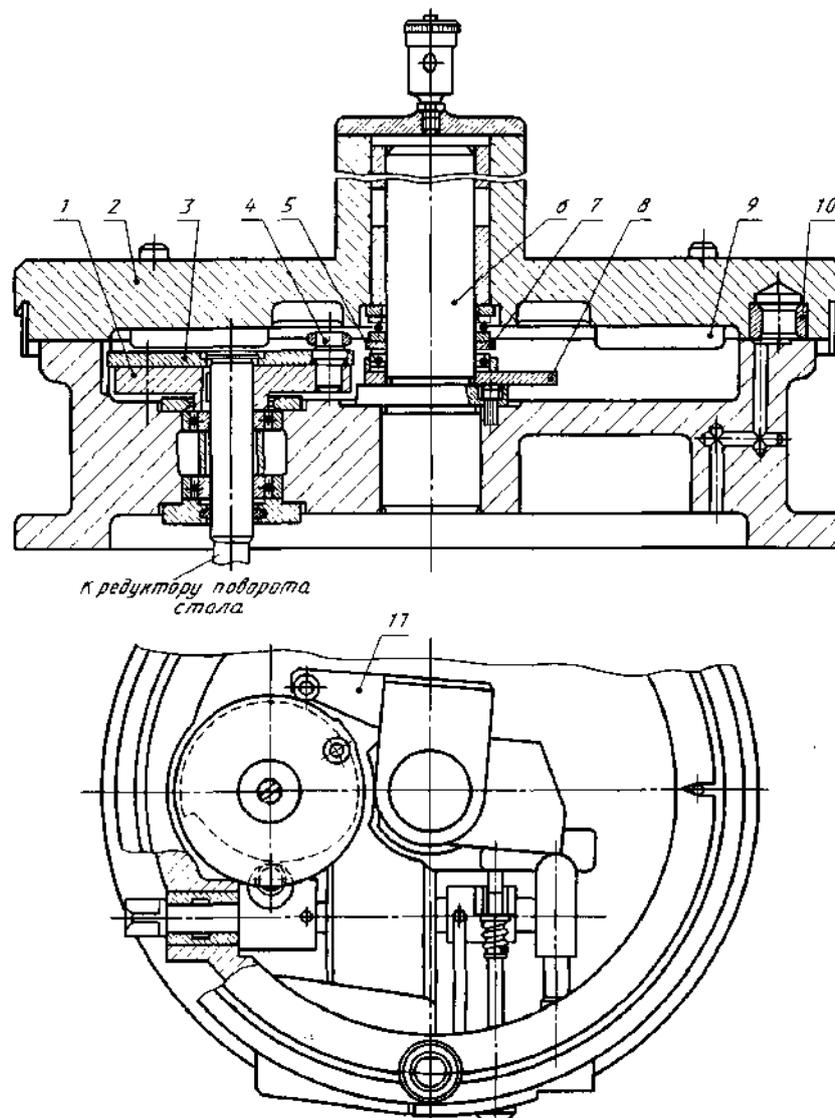


Рисунок 4.12 – Поворотный делительный стол с электромеханическим приводом

Он предназначен для периодического перемещения обрабатываемой заготовки с одной позиции на другую и точной фиксации на каждой позиции. Планшайба стола 2 поворачивается с помощью мальтийского механизма внутреннего зацепления. Водило мальтийского механизма 1 приводится во вращение через червячный редуктор, расположенный в стенке станка и соединенный с водилом через двухшарнирный телескопический вал. Периферия водила выполнена в виде плоского кулачка, который через систему рычагов выводит подпружиненный фиксатор из втулки 10, запрессованной в планшайбе 2. Мальтийский крест представляет собой отдельные планки 9, привертнутые к нижнему торцу планшайбы. При повороте планшайбы в пазы мальтийского креста входит ролик 4 водила мальтийского механизма 1 [1].

На водиле мальтийского механизма закреплен кулачок 3 подъема планшайбы, который через рычаг 11 поворачивает подвижную чашку 8, установленную на шпинделе стола 6. На шпинделе закреплена неподвижная чашка 7. Между чашками в лунках размещены шарики 5, которые при повороте подвижной чашки выходят из своих лунок и поднимают планшайбу на 0,1 – 0,3 мм. После поворота планшайбы цилиндрический фиксатор своим конусом вводится во втулку 10 и фиксирует положение планшайбы. Система фиксации одинарная [1].

Механизмы поворота используют для поворота револьверных головок шпиндельных блоков, столов и т. д. Они могут быть механическими, гидравлическими, пневматическими и пневмогидравлическими. Механические устройства поворота делят на кулачковые, мальтийские, рычажные и зубчатые. Гидравлические механизмы поворота бывают с гидроцилиндром или гидромотором [1, 2].

Среди механизмов поворота наиболее широкое применение получили мальтийские механизмы. **Мальтийский механизм** (рисунок 4.13) состоит из креста 1 и кривошипа (поводка) 2 с пальцем (роликом) 3. При вращении кривошипа 2 его ролик поочередно входит в пазы креста, поворачивая его каждый раз на угол $360^\circ/z_k$ (z_k – число пазов креста). Во время остановов положение креста фиксируется [1, 2].

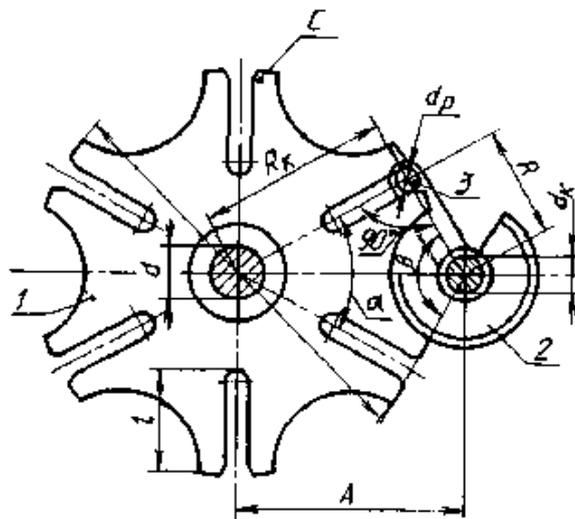


Рисунок 4.13 – Мальтийский механизм поворота с внешним зацеплением

Механизмы изменения ориентирования обрабатываемых заготовок широко применяют в автоматах и автоматических линиях для обработки заготовок деталей типа тел вращения и корпусных. Эти механизмы производят поворот заготовок на 90 и 180° относительно горизонтальной или вертикальной оси. Поворот заготовок выполняется с помощью поворотных столов, барабанов, лотков и кантователей [1].

4.4 Механизмы автоматической смены инструментов станков с ЧПУ

Особенность многоцелевых станков с ЧПУ – наличие устройств автоматической смены инструментов, основное назначение которых – сокращение времени простоя станков, затрачиваемого на смену инструмента [1].

При использовании системы автоматической смены инструментов вращающийся инструмент обычно устанавливают в специальных патронах или оправках так, чтобы можно было закреплять различные инструменты с высокой точностью [1].

Наиболее широкое применение в современных многоцелевых станках с ЧПУ получили инструментальные магазины, которые выполняют в виде отдельных механизмов для хранения инструментов (100 шт. и более).

Среди них наибольшее распространение получили инструментальные магазины дискового, барабанного и цепного типов. В зависимости от компоновки станка они могут располагаться на шпиндельной бабке, колонне, станине или вне станка (рисунок 4.14) [1].

При расположении дискового магазина на шпиндельной бабке (рисунок 4.14, *а*) не требуется дополнительной координации положения магазина и шпинделя при смене инструмента загрузочным автооператором. Цикл работы автооператора наиболее простой. Однако расположение магазина на шпиндельной бабке увеличивает ее размеры и массу, что уменьшает точность обработки. При расположении магазина на станине (рисунок 4.14, *б – е*) шпиндельная бабка разгружается, цикл смены инструмента усложняется. При каждой смене инструмента шпиндельная бабка должна дополнительно перемещаться из рабочего положения в положение для смены инструмента и обратно. При установке магазина на стойке, расположенной рядом со станком (рисунок 4.14, *ж*), динамические нагрузки магазина не влияют на точность работы станка. Однако увеличиваются габаритные размеры станка, а следовательно, площадь, необходимая для его установки. Многосекционные магазины барабанного типа (рисунок 4.14, *з*), обладая большой вместимостью, позволяют использовать при работе станка одну из секций магазина без перемещения всего запаса инструментов. Конструкция магазинов цепного типа (рисунок 4.14, *и, к*) такова, что можно изменять их вместимость без существенного изменения конструкции станка [1].

При проектировании системы автоматической смены инструмента станка вместимость инструментального магазина должна быть рассчитана так, чтобы можно было обработать заготовки определенных групп по возможности без дополнительной комплектации магазина инструментом [1].

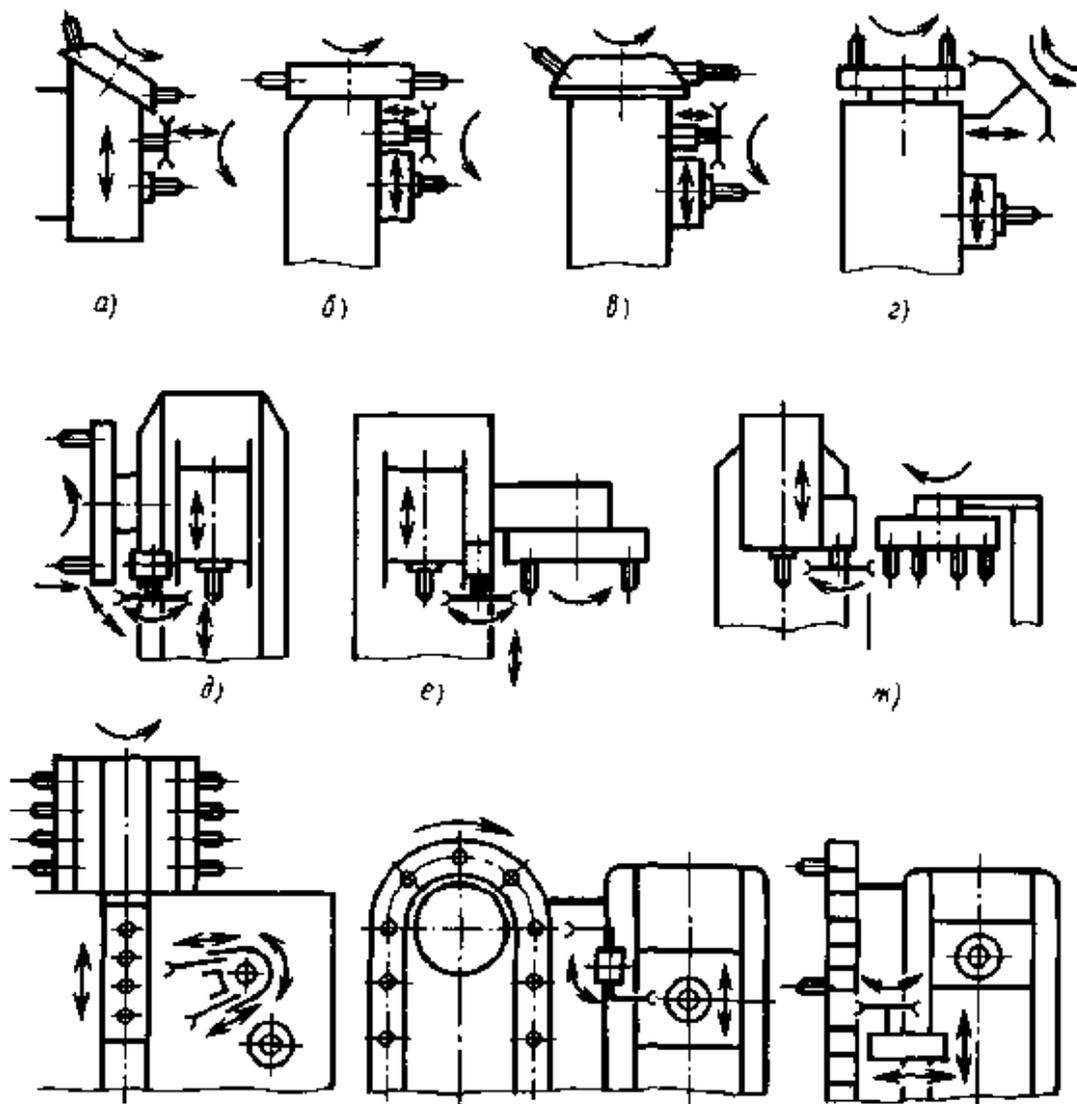


Рисунок 4.14 – Типы инструментальных магазинов

При создании гибких производственных систем, включающих многоцелевые станки с ЧПУ, а также в тех случаях, когда для обработки групп заготовок требуется магазин с большим числом позиций под инструмент, следует предусмотреть возможность стационарного расположения магазина возле станка, учитывая увеличенную в результате этого общую массу оснащенного инструментом магазина. Кроме того, это дает возможность осуществлять автоматическую подзаправку из связанного с ним резервного магазина инструментов [1].

На рисунке 4.15 показан горизонтально-расточной станок с ЧПУ и автоматической сменой инструмента и заготовок [1].

Станок предназначен для обработки крупногабаритных заготовок массой до 16 т. На нем можно выполнять сверление, зенкерование, растачивание и

развертывание отверстий, нарезание метчиками резьб в отверстиях и фрезерование плоскостей и пазов [1].

Устройство автоматической смены инструмента включает инструментальный магазин 3 цепного типа, автооператор 1 смены инструмента и траверсу 2, по которой перемещается автооператор. Вертикальное перемещение траверсы 2 осуществляется приводом 4. Шпиндельная бабка 6 перемещается вертикально по стойке 5. Заготовки закрепляют на спутниках 9 в позициях загрузки (тумба 8) после чего они автоматически перемещаются на рабочий стол 7. Все основные узлы станка смонтированы на станине 10.

Цепной инструментальный магазин расположен с левой стороны стойки. Из магазина 3 инструмент вынимается, переносится и вставляется в рабочий шпиндель автооператором 7, который перемещается по траверсе 2. Смена инструмента может производиться в любом положении шпиндельной бабки 6. Во время работы станка траверса находится в нижнем положении [1].

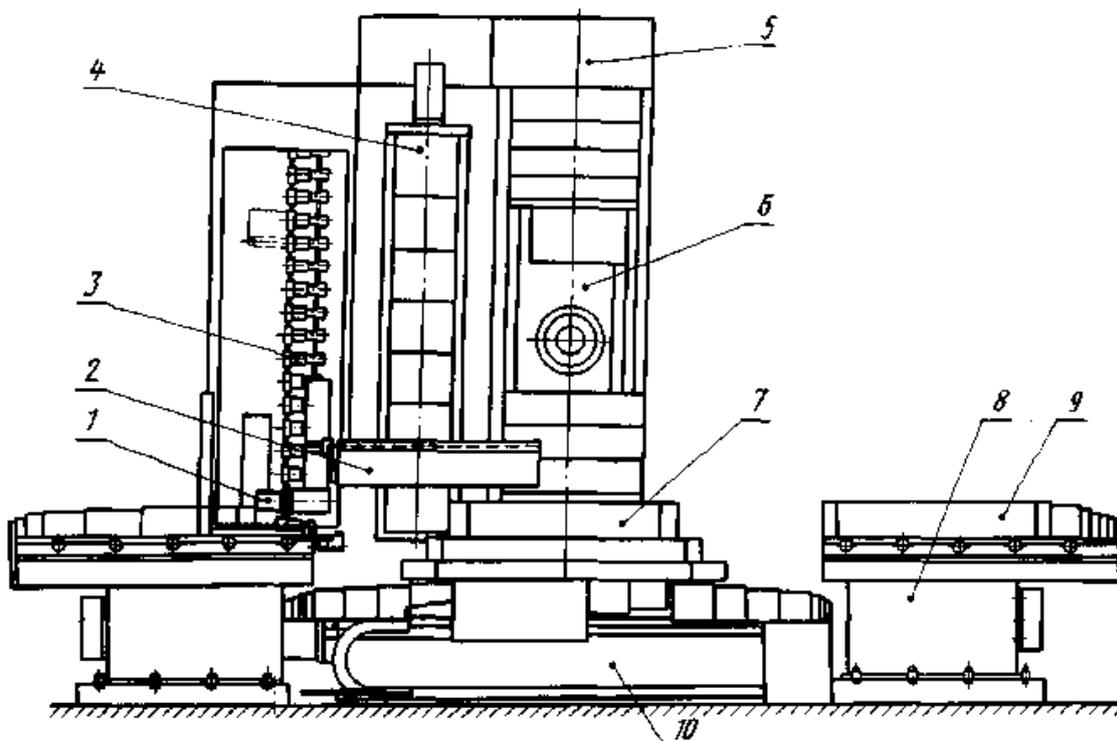


Рисунок 4.15 – Горизонтально – расточной станок с ЧПУ

Продольное перемещение и поворот руки автооператора, подъем и опускание траверсы, вращение цепи магазина выполняется от электродвигателей постоянного тока. Цепь магазина может вращаться в обе стороны. Поиск инструмента происходит по кратчайшему пути. Останов цепи осуществляется после последовательного тройного снижения скорости. После нахождения требуемого инструмента и останова цепи магазина она фиксируется с помощью фиксатора, приводимого в действие гидроприводом. Фиксированное и расфиксированное положение цепи магазина контролируется двумя конечными выключателями [1].

Перемещение автооператора 2 (рисунок 4.16) по траверсе 4 и поворот его руки 1 осуществляются от одного электродвигателя 3 постоянного тока.

Направление перемещения или поворота выбирают путем включения одной из двух электромагнитных муфт привода автооператора. Перемещение автооператора и поворот руки выполняются на большой скорости, которая в конце хода снижается по команде от конечного выключателя. Останов осуществляется по команде от других конечных выключателей [1].

Захват и удержание инструмента происходят с помощью подпружиненных губок 5 руки автооператора 1. Для большей надежности удержания инструмента в захвате руки автооператора при его перемещении из магазина в рабочий шпиндель и обратно он помещен в специальный носитель 6. Носитель 6 инструмента поворотный (рисунок 4.16, вид *A*), в момент захвата инструмента из магазина он отведен. После захвата инструмента в магазине, осевого перемещения руки и продольного перемещения автооператора в позицию ожидания к руке 1 подводится носитель инструмента и взятый инструмент вставляется в него [1].

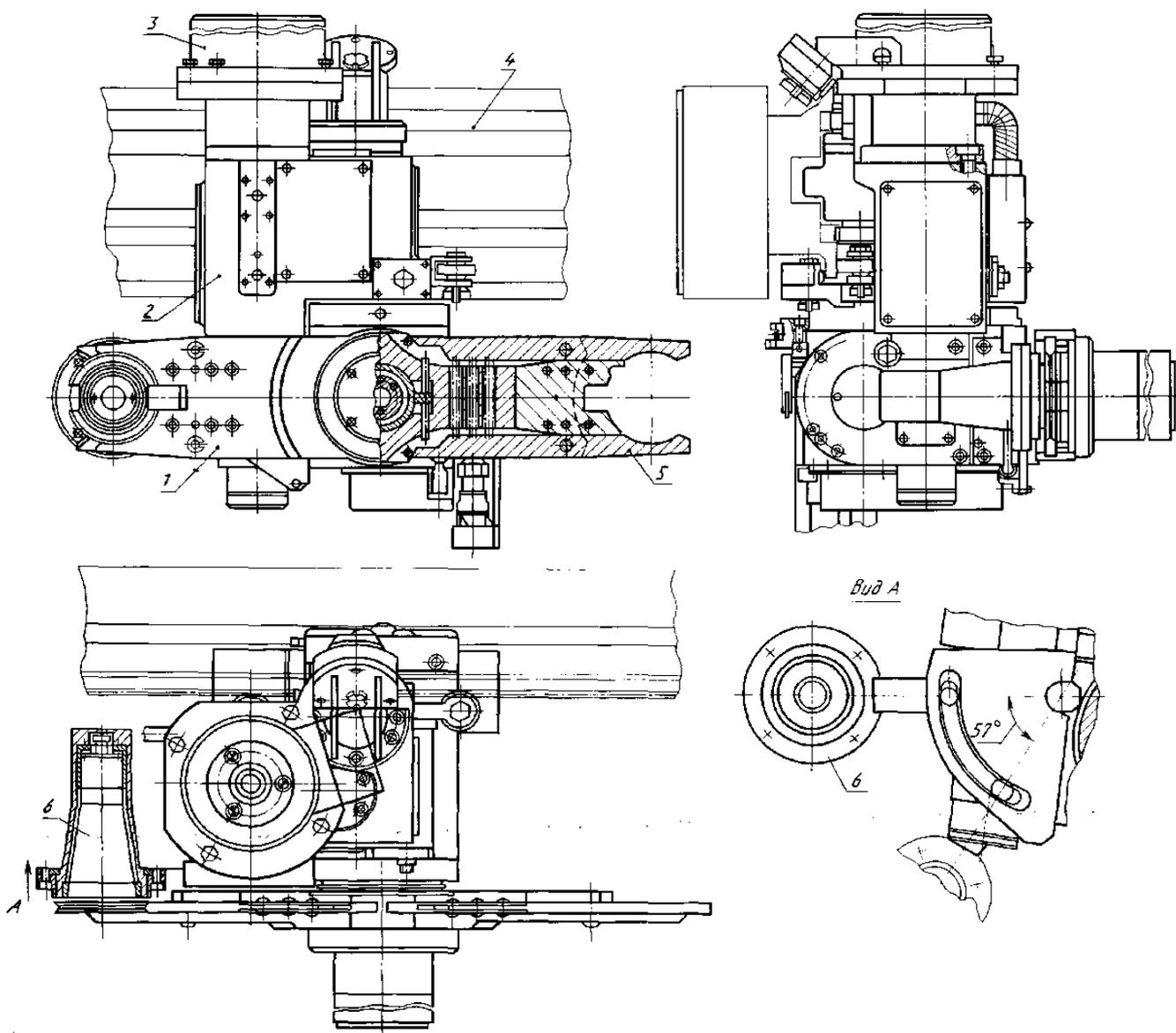


Рисунок 4.16 – Автооператор автоматической смены инструмента

Рука автооператора выдвигается вперед и возвращается гидроцилиндром. Крайнее положение контролируется конечными выключателями. Траверса вместе с автооператором перемещается вверх и вниз от привода 4 (рисунок 4.16) с электродвигателем постоянного тока. Замедление движения в конце хода и останов траверсы происходят по команде от конечных выключателей. В нижнем положении, в зоне загрузки и выгрузки из магазина, траверса устанавливается на жесткий упор. В верхнем положении (положение у шпинделя) траверса фиксируется с помощью гидравлического фиксатора, расположенного на шпиндельной бабке. Фиксированное и расфиксированное положения траверсы контролируются конечными выключателями. Во время работы станка траверса находится в нижнем положении и закрыта кожухом, предохраняющим ее от стружки. Кожух открывается и закрывается гидроприводом. Закрытое и открытое положения контролируются конечными выключателями [1].

Смена инструмента в шпинделе происходит в его определенном положении по координате z . При установке инструмента в шпиндель он должен быть правильно сориентирован, шпонки шпинделя должны быть расположены горизонтально. Инструментальная оправка зажимается в шпинделе специальным цанговым зажимом, сила зажима создается пакетом тарельчатых пружин. При вынимании инструмента из шпинделя разжим цангового замка происходит от гидроцилиндра. Разжатое и зажатое положения инструмента в шпинделе контролируются конечными выключателями [1].

При создании многоцелевых станков с ЧПУ, которые предназначены для использования в ГПС необходимо стремиться к тому, чтобы станок обеспечивал как можно большую область применения при высокой степени приспособляемости или гибкости [1].

Например, на рисунке 4.17 показан многоцелевой станок с дисковыми накопителями инструментов и системой автоматической смены заготовок [1].

Станок снабжен пятью дисковыми магазинами, каждый из которых включает по 24 инструмента. Два дисковых магазина инструментов 1 и 2 установлены в позициях загрузки инструментов у шпиндельной бабки. Если инструментов в дисковых магазинах 1 и 2 недостаточно для обработки заготовок, то для расширения объема инструментального магазина используется автоматический магазин дисковых инструментальных накопителей. Левый дисковый магазин 2 инструментов может быть автоматически по программе заменен любым из трех (3, 4, 5) дисковых магазинов инструментов, в результате чего общее число инструментов составляет 120 [1].

Система оригинальна тем, что смена и подача инструмента к рабочему шпинделю выполняется непосредственно при движении самого дискового магазина без применения промежуточного автооператора (рисунок 4.18).

Цикл смены инструмента заключается в следующем. По окончании обработки рабочий шпиндель перемещается в позицию смены инструмента, инструментальный диск перемещается в радиальном направлении (движение \wedge), в свободное гнездо устанавливается отработавший инструмент и закрепляется в

нем. Шпиндель перемещается назад (движение 2), освобождая отработавший инструмент. Дискový магазин инструментов поворачивается по программе и напротив шпинделя устанавливается новый инструмент (движение 3). Шпиндель, перемещаясь вперед (движение 4), закрепляет его. Далее инструментальный диск перемещается назад (движение 5) и останавливается в таком положении. Начинается обработка [1].

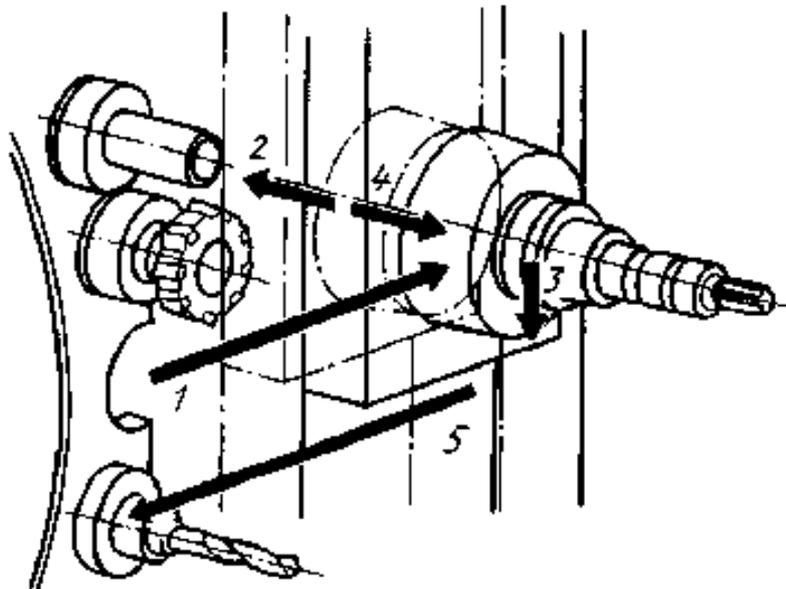


Рисунок 4.17 – Многоцелевой станок с дисковыми инструментальными магазинами фирмы «Хюллер Хилле»

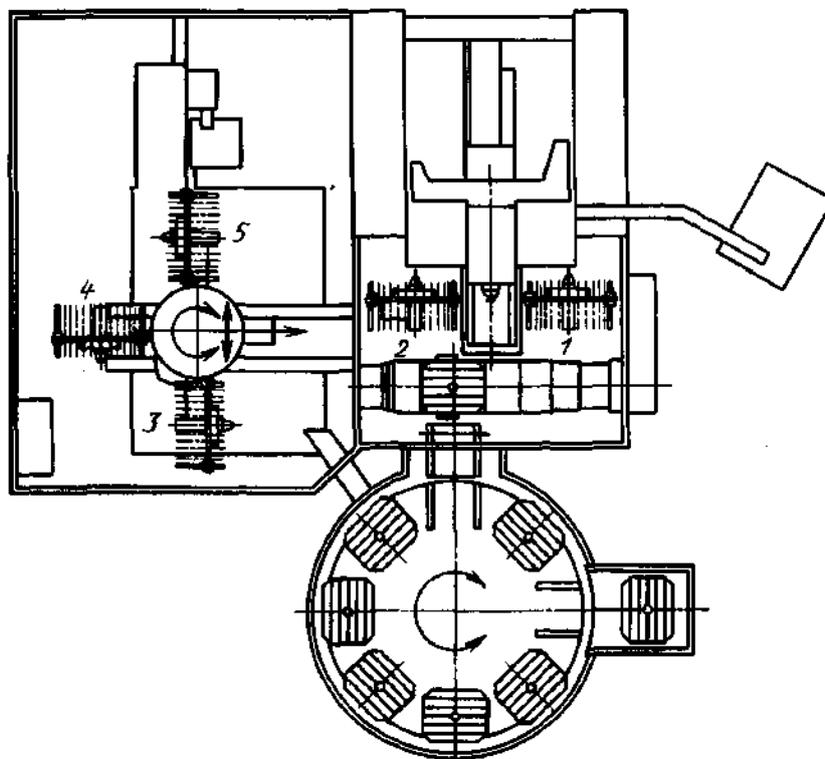


Рисунок 4.18 – Цикл автоматической смены инструмента на станке с дисковыми инструментальными магазинами

При большом числе заготовок и часто повторяющейся определенной операции целесообразно использовать многошпиндельные насадки, которые могут быть установлены прямо в цепном магазине станка, если габарит головки это позволяет, или в дополнительном отдельно устанавливаемом магазине для многошпиндельных насадок. Системами автоматической смены многошпиндельных насадок снабжаются многоцелевые и агрегатные станки с ЧПУ. Это увеличивает их технологические возможности и повышает производительность [1].

Многошпиндельные насадки обычно жесткой конструкции, с определенной координатной установкой шпинделей. Шпиндели имеют общий ход подачи, вращение шпинделям передается от одного рабочего вала. Многошпиндельные насадки можно применять при сверлении, нарезании резьбы, растачивании и фрезеровании с небольшими силами резания [1].

Магазины многошпиндельных насадок в зависимости от их габаритов выполняются цепными, стеллажными, дисковыми, с поворотными столами и с поворотными револьверными головками. Каждая насадка кодируется и по программе выдается на рабочее место [1].

Например, на рисунке 4.19, *а* показан многоцелевой станок 2 с цепным магазином многошпиндельных насадок 1 и цепным магазином инструментов 3.

В зависимости от программы обработка производится или одним инструментом, или с использованием многошпиндельной насадки. На рисунке 4.19, *б* приведен многоцелевой станок 2 со стеллажным магазином многошпиндельных насадок 1. Дисковый накопитель агрегатного станка с ЧПУ показан на рисунке 4.19, *в*. На рисунке 4.19, *г* многошпиндельные насадки установлены на поворотном столе, причем каждая насадка имеет самостоятельный силовой привод. Револьверная головка с многошпиндельными насадками приведена на рисунке 4.19, *д*. В данном случае имеется один силовой привод, и в зависимости от программы в рабочую позицию подается определенная многошпиндельная насадка [1].

Выбирают конструктивную схему и проектируют систему автоматической смены инструментов в зависимости от назначения и компоновки станка, а также возможности использования его в гибких производственных системах. К системам автоматической смены инструментов предъявляют следующие требования: минимальное время на смену инструментов, достаточная емкость накопителя инструментов, компактность, долговечность и высокая надежность работы [1].

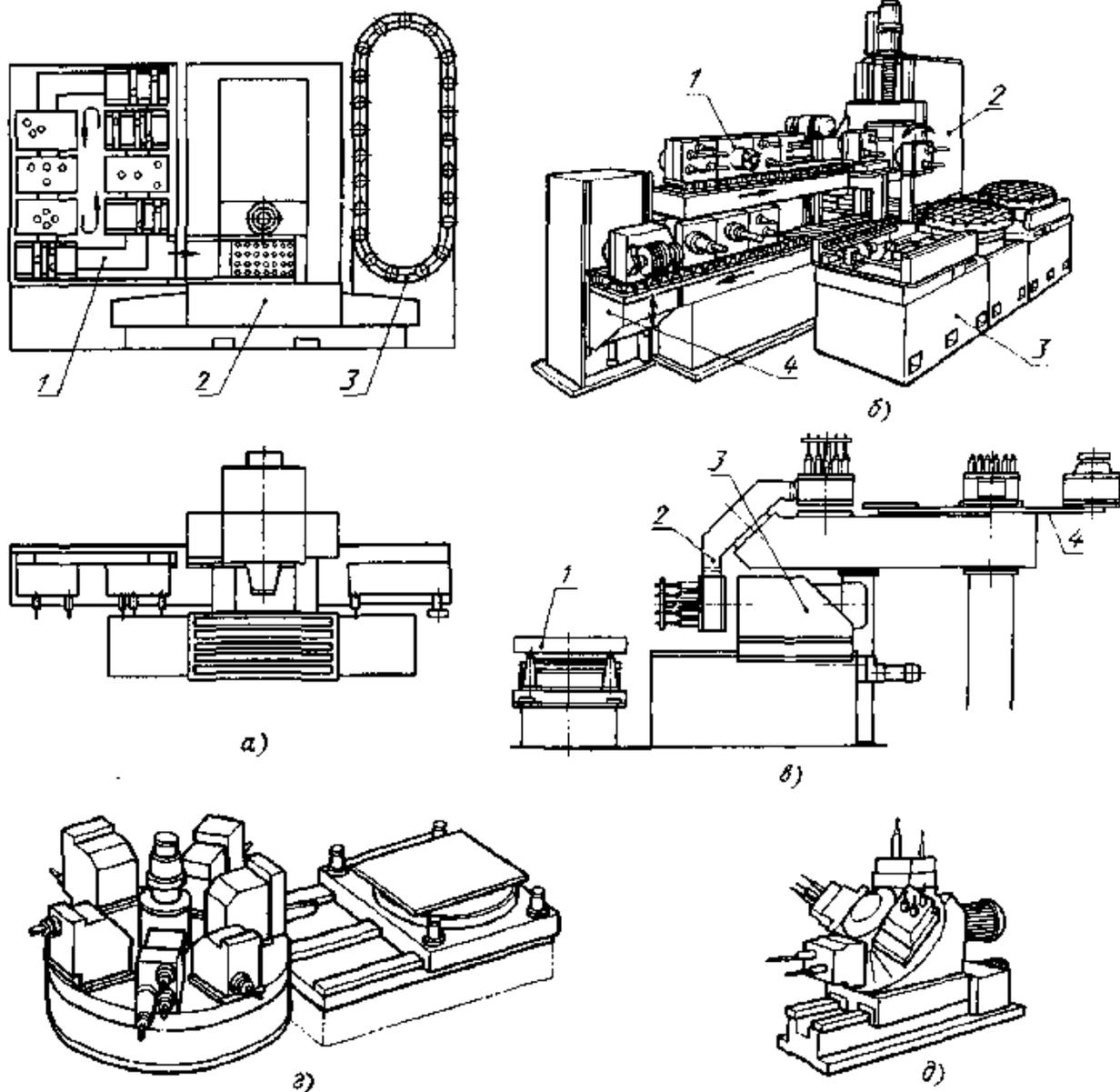


Рисунок 4.19 – Типы магазинов инструментов:

а – цепной: 1 – магазин многошпиндельных насадок; 2 – многоцелевой станок с ЧПУ; 3 – цепной инструментальный магазин; *б* – стеллажный: 1 – стеллажный магазин многошпиндельных насадок; 2 многоцелевой станок с ЧПУ; 3 – рабочий стол станка с системой автоматической смены заготовок; 4 – подъемник насадок; *в* – дисковый: 1 – рабочий стол; 2 – автооператор смены многошпиндельных насадок; 3 – силовая головка; 4 – дисковый магазин многошпиндельных насадок; *г* – с поворотным столом: *д* – с поворотной револьверной головкой

5 ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ И МАНИПУЛЯТОРЫ

5.1 Область применения и классификация промышленных роботов

Промышленный робот (ГОСТ 25686–85) – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления, для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций [1].

Роботы позволяют проводить комплексную автоматизацию не только по видам технологии (сварка, штамповка и т. д.), но и по видам производства, включая создание автоматизированных производственных комплексов вплоть до полностью автоматизированных цехов и заводов будущего с многономенклатурным производством [1].

В зависимости от информационных возможностей ПР подразделяют на три поколения [1].

Роботы I поколения (с обучением) получили широкое применение в машиностроительной промышленности. Они обладают способностью запоминать программы выполнения разнообразных операций. Эти роботы имеют очень ограниченные возможности по восприятию рабочей среды и не могут адаптироваться к окружающей обстановке, для нормального функционирования требуют специальной ориентирующей оснастки. Работают по жесткой программе, что существенно упрощает их конструкцию, облегчает переналадку [1].

Роботы II поколения (адаптивные) с помощью сенсорных или тактильных датчиков воспринимают информацию о внешней среде. В них частично заложена организующая система управления, обучения и адаптации с использованием ЭВМ. Такие роботы имеют основную программу и подпрограммы, которые выбираются в зависимости от информации, полученной от внешней среды. Следовательно, такие роботы, имеющие ЭВМ или обслуживаемые ЭВМ, обладают «зрением» и «осязанием» и способны ориентироваться в окружающей обстановке [1].

Роботы III поколения (интеллектуальные) наделены искусственным интеллектом и обладают способностью самообучения. Они получили название «разумных» или «думающих» роботов и способны распознавать предметы в пространстве, вырабатывать планы решения поставленных перед ними задач и контролировать выполнение последних. В данном случае задается конечная цель работы, т. е. лишь алгоритм поиска [1].

По степени универсальности различают промышленные роботы [1]:

- универсальные, предназначенные для выполнения комплекса как основных, так и вспомогательных операций, независимо от типа производства с автоматической сменой захватного устройства и обладающие наибольшим числом степеней подвижности;
- специализированные, служащие для выполнения технологических операций определенного вида или обслуживания оборудования определенного

класса (производство кузнечное, литейное, механосборочное и т. д.) с автоматической сменой захватного устройства и обладающие ограниченным числом степеней подвижности;

- специальные, предназначенные для выполнения только определенных технологических операций или обслуживания конкретного оборудования по строго зафиксированной программе и обладающие одной – тремя степенями подвижности.

По характеру выполняемых операций различают ПР [1]:

- операционные, непосредственно выполняющие операции технологического процесса (окраска, сварка, клепка, сборка и т. п.);

- транспортные или обслуживающие, выполняющие вспомогательные переходы или операции перемещения (взять – перенести – установить и т. д.) при обслуживании технологического оборудования, конвейерных линий и складов.

В зависимости от характера конструктивного исполнения и связи со станком бывают ПР стационарные (напольные), подвесные (устанавливаемые непосредственно на станке, подвешенные на специальной опоре порталного или консольного типа) и передвижные [1].

По грузоподъемности ПР делятся (ГОСТ 25204–82) на сверхлегкие (0,08–1,0 кг), легкие (1,25–10 кг), средние (12,5–200 кг) и тяжелые (250–1000 кг) [1].

В зависимости от типа силового привода рабочих органов различают ПР с гидроприводом, пневмоприводом, электроприводом и комбинированным приводом [1].

Роботы разделяют также в зависимости от системы координат, в которой они работают: декартовой (прямоугольной), цилиндрической, сферической и смешанной [1].

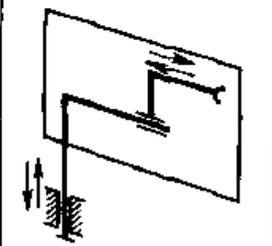
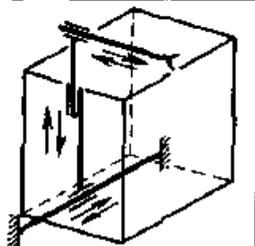
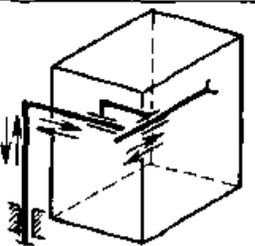
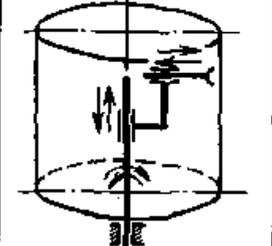
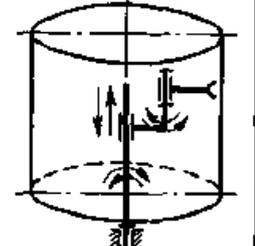
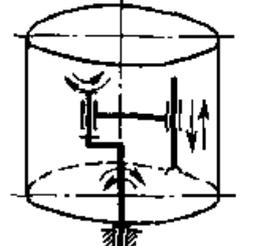
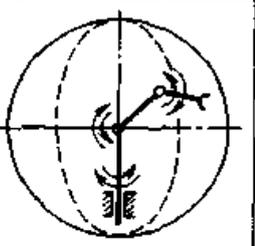
5.2 Структура, кинематический и конструктивный анализ промышленных роботов

Промышленные роботы должны автоматически по определенной программе выполнять заданный цикл перемещений обрабатываемой заготовки или исполнительного органа. Для выполнения сложных производственных функций робот должен иметь захватное устройство, удерживающее предмет обработки; механические руки со многими степенями подвижности, перемещающие захватное устройство в любое нужное положение в пределах рабочей зоны; устройство позиционирования, предназначенное для перемещения механической руки; управляющую систему или вычислительную машину с устройством памяти, в которой хранится информация о последовательности технологических операций. Чтобы придать роботу необходимую универсальность, позволяющую использовать его для выполнения самых разнообразных операций, его механизмы должны обладать высокой манипуляционной гибкостью. Число координат, по которым можно перемещать обрабатываемую заготовку, определяет число степеней

подвижности ПР. С увеличением числа степеней подвижности возрастает и манипуляционная гибкость робота [1].

Перемещение кисти робота (см. табл. 5.1) в прямоугольной плоской системе координат обеспечивается с помощью двух прямолинейных движений (*а*), в прямоугольной объемной системе координат – с помощью трех прямолинейных движений (*б*, *в*), в цилиндрической системе координат – с помощью двух прямолинейных и одного вращательного движений (*а*) или двух вращательных и одного прямолинейного движения (*б*, *в*), в сферической системе координат – с помощью двух вращательных и одного прямолинейного движений (*а*) или трех вращательных движений (*б*, *в*) [1].

Таблица 5.1 - Структурные схемы механических рук

Система координат	Варианты движений		
	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Прямоугольная			
Цилиндрическая			
Сферическая			

Одним из важнейших элементов, определяющих технологические возможности ПР, являются хватные устройства. Они предназначены для захвата и удержания манипулируемого объекта в процессе перемещения [1].

Применяют хватные устройства открытые и закрытые, неуправляемые и управляемые. Кроме того, существуют хватные устройства типа крючков, клещей с одной или двумя подвижными губками, с вакуумными, струйными или электромагнитными прихватами и др. Некоторые типы механизмов захватов показаны на рисунке 5.1. В клещевых захватах (рисунок 5.1, *а*, *б*) в качестве привода губок могут использоваться пневматические, гидравлические приводы или пружины. Вакуумные хватные устройства (рисунок 5.1, *в*) могут быть безнасосного или насосного типа. В струйных хватных устройствах

(рисунок 5.1, *з*) захват заготовок происходит благодаря аэродинамическому эффекту притяжения при истечении сжатого воздуха между поверхностью захватного устройства и плоской поверхностью заготовки [1].

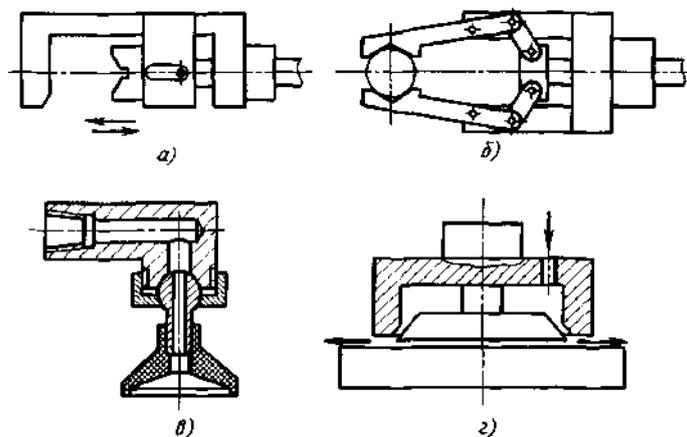


Рисунок 5.1 – Типы захватных устройств:

а – с одной подвижной губкой; *б* – с двумя подвижными губками; *в* – вакуумный; *з* – струйный

На рисунке 5.2 показана конструкция управляемого клещевого захватного устройства с двумя подвижными губками и пневмоприводом. Заготовка зажимается в призмах 1, которые закреплены на рычагах 2. Рычаги 2 шарнирно соединены с вилкой 3 серьгами 4. В корпусе 5 установлена втулка 6, в которой перемещается шток 7 поршня 9. Цилиндр 11 с одной стороны закрыт корпусом 5, а с другой – крышкой 10. Корпус 5 захватного устройства установлен в расточке кронштейна 12, закрепляемого на механической руке ПР. При перемещении штока 7 вверх от пружины 8 через рычажную систему передается движение призмам, и заготовка зажимается. При разжипе заготовки сжатый воздух подается в цилиндр 11, шток 7 опускается и деталь освобождается [1].

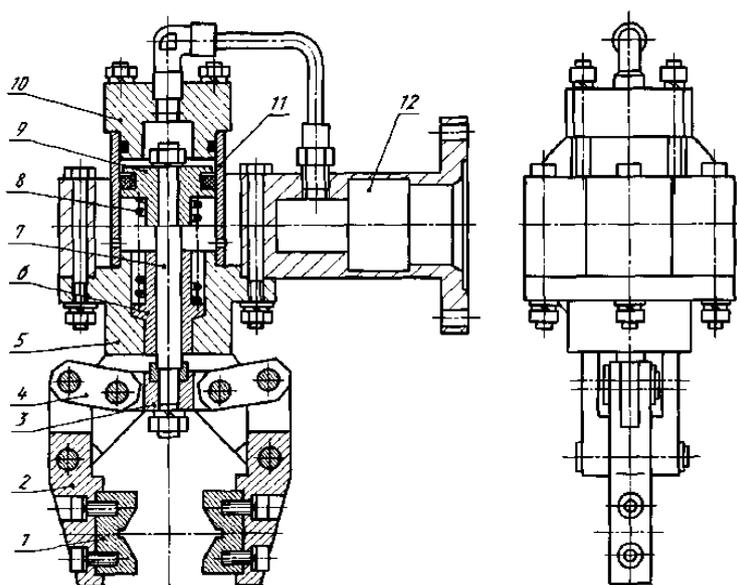


Рисунок 5.2 – Клещевое захватное устройство с двумя подвижными губками

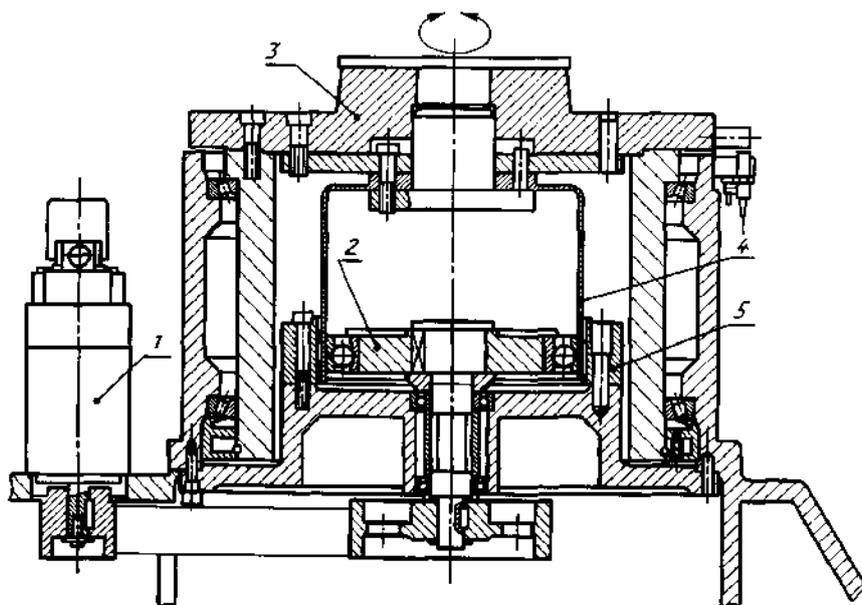
Для перемещения исполнительных механизмов роботов применяют электрические, пневматические и гидравлические приводы. При выборе типа привода необходимо учитывать специфические требования к условиям эксплуатации ПР, надежности его функционирования и точности позиционирования, скорости срабатывания и т. д. [1].

Преимущества электрических приводов (серводвигатели переменного и постоянного тока, шаговые двигатели и др.) в простоте обеспечения энергией (по проводам), передаче и суммировании сигналов. Их недостаток – сравнительно большие размеры механизмов [1].

Пневматические приводы (двигатели, цилиндры и т. д.) обладают высокой надежностью, просты в управлении, дешевы, пожаробезопасны и т.д. Их недостатки – трудность обеспечения постоянной скорости перемещения и точности позиционирования, низкая мощность, необходимость смазывания и защиты от коррозии [1].

Гидравлические приводы (цилиндры, однолопастные гидродвигатели, электрогидравлические шаговые двигатели и др.) легки, компактны, позволяют использовать высокое давление, обладают высокой частотой собственных колебаний. Они позволяют просто регулировать давление, расход, усиливать мощность и т. д. Недостатки этих приводов: необходимость в отдельном источнике питания, изменение вязкости масла при изменении температуры, колебание давления вследствие потерь в трубопроводах, необходимость контроля за состоянием трубопроводов и рабочей жидкости и т.д. [1].

Кроме того, во многих конструкциях ПР применяют электрические и гидравлические приводы в сочетании с волновыми редукторами. Так, на рисунке 5.3 показан узел привода поворота робота фирмы «Рено» (Франция)



[1].

Рисунок 5.3 – Узел привода поворота ПР фирмы «РЕНО» (Франция):
1 – гидромотор; 2 – генератор волн; 3 – платформа, к которой крепится
основание робота; 4 – гибкое колесо; 5 – жесткое колесо

Использованием гидравлического сервопривода в зонах высоких скоростей и низкого крутящего момента достигается легкость управления, а в сочетании с зубчатой передачей – высокая точность поворота [1].

Системы управления ПР имеют много общего с системами программного управления станками. В роботах также используют системы позиционного и контурного управления. Но в отличие от станков роботы программируют, как правило, методом обучения, когда на первом цикле оператор, управляя роботом вручную на малой скорости, имитирует обслуживание. Вся последовательность действия робота, координаты позиций, траектории перемещения запоминаются и воспроизводятся в последующих циклах автоматически (на рабочих скоростях) [1].

Промышленные роботы получили широкое применение для автоматизации загрузки – выгрузки обрабатываемых заготовок на различные станки с ЧПУ (токарные, фрезерные, многоцелевые и др.), а также для выполнения различных технологических операций [1].

На рисунке 5.4 приведена схема промышленного робота «Универсал-15», предназначенного для холодной и горячей штамповки, механической обработки, а также межоперационного транспортирования и складирования.

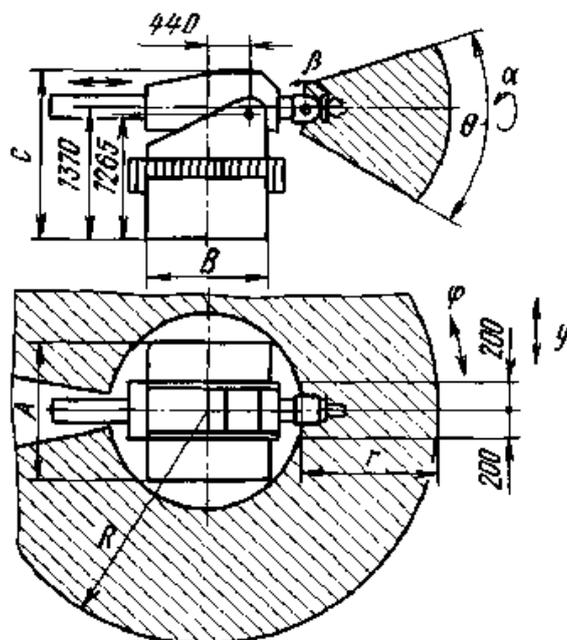


Рисунок 5.4 – Промышленный робот «Универсал – 15»

Робот работает в сферической системе координат и обладает шестью степенями подвижности. Грузоподъемность 15 кг. Робот оснащен гидравлическим приводом с гидроусилителями крутящего момента, работающими от электродвигателя постоянного тока. Погрешность позиционирования ± 2 мм. Максимальный радиус обслуживания 2044 мм [1].

Промышленный робот М10П62.01 (рисунок 5.5) предназначен для обслуживания станков с горизонтальной и вертикальной осями шпинделя. Он выполнен по типу «механическая рука» и может закрепляться на станке в различных положениях в зависимости от схемы загрузки последнего. Робот

может использоваться для обслуживания станков токарных 16К20Ф3, 16К20Т1, 1П717Ф3, токарно-револьверных 1В340Ф30, зубофрезерных 53А20ФА и др. Управление ПР осуществляется позиционной системой ЧПУ, причем движения по трем координатам программируются [1].

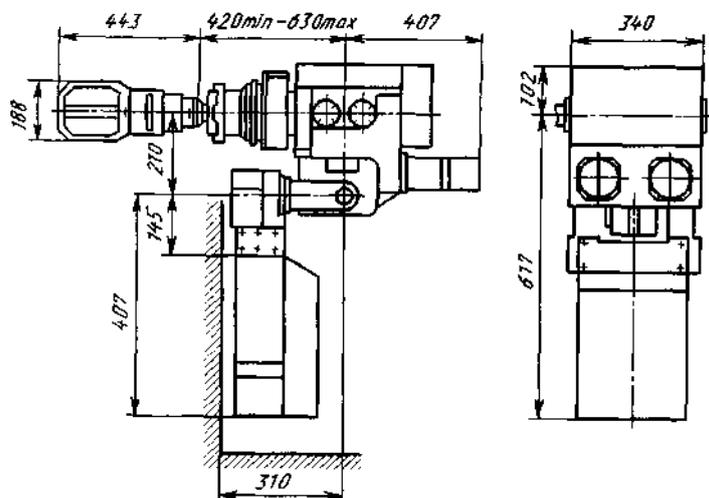


Рисунок 5.5 – Промышленный робот М10П62.01

Робот, как правило, работает с приводными входными и выходными накопителями. Возможна также его работа и со стационарной многопозиционной тарой с позициями, расположенными по окружности. ПР выполняют с одной или двумя механическими руками. Грузоподъемность одного захвата 5 кг. Число степеней подвижности без захвата 4. Привод электропневматический. Погрешность позиционирования $\pm 0,5$ мм [1].

5.3 Портальные автоматические манипуляторы

В автоматических линиях и гибких производственных системах для обработки деталей типа валов широко применяют портальные автоматические манипуляторы (АМ) [1].

На рисунке 5.6 представлена принципиальная схема портального АМ [1].

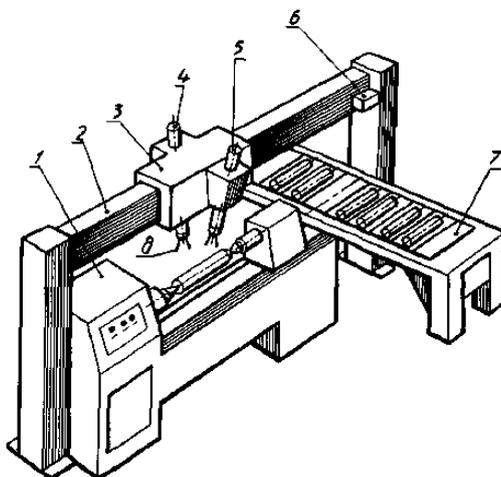


Рисунок 5.6 – Схема портального АМ

Над станком 1 расположена балка (портал) 2, по которой перемещается каретка 3 с питателями 4 и 5. Один из питателей предназначен для выгрузки детали, а другой – для загрузки заготовки. Удерживаются заготовки с помощью захватных устройств 8. Для осуществления плавного торможения каретки в конце хода используют специальные амортизаторы 6. Справа от станка расположен конвейер 7 заготовок и деталей [1].

Во время обработки заготовок каретка 3 находится над рабочей зоной станка. При этом в захвате 8 питателя 4 зажата заготовка. По окончании обработки питатель 5 перемещается вниз, и его захватное устройство зажимает обработанную заготовку, а патрон станка освобождает ее. Питатель 5 выгрузки перемещается вверх, а питатель 4 опускается и устанавливает заготовку соосно с центрами станка. Заготовка в патроне шпинделя станка зажимается, а захват 8 питателя 4 разжимается и питатель 4 поднимается вверх. Начинается обработка заготовки. Каретка 3 перемещается вправо и останавливается под конвейером 7. Питатель 5 опускается, кладет обработанную заготовку на конвейер и поднимается. Конвейер 7 перемещается на один шаг, питатель 4 опускается, забирает новую заготовку и поднимается. Каретка 3 перемещается к рабочей зоне станка и останавливается. По окончании обработки детали цикл работы АМ повторяется [1].

Имеются специальные модификации порталных АМ – с односторонним расположением рук вдоль каретки, с одной, двумя, тремя или четырьмя руками, с двумя двухзахватными руками [1].

На рисунке 5.7 показаны некоторые типы механических рук и виды их рабочих движений порталных АМ [1].

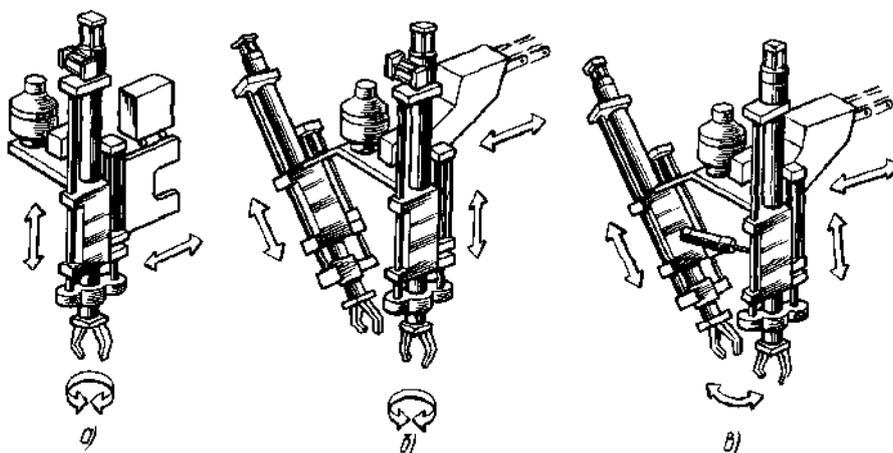


Рисунок 5.7 – Типы механических рук порталных АМ

Продольное перемещение по траверсе сообщается гидравлическим приводом с гидромотором и реечной передачей, поперечное перемещение рук осуществляется от гидроцилиндров. Руки могут быть подвешены под различными углами относительно вертикальной оси. Для захвата заготовок АМ снабжают различными видами захватных устройств с гидравлическим приводом. Поворот захватного устройства (рисунок 5.7, а, б) необходим для ориентирования заготовки при переходе от одной операции к другой. Качание

рук (рисунок 5.7, в) предусматривают в некоторых специфических случаях при обслуживании рабочей зоны станка (конвейера). Блокировка движений в конечных положениях осуществляется механическими упорами [1].

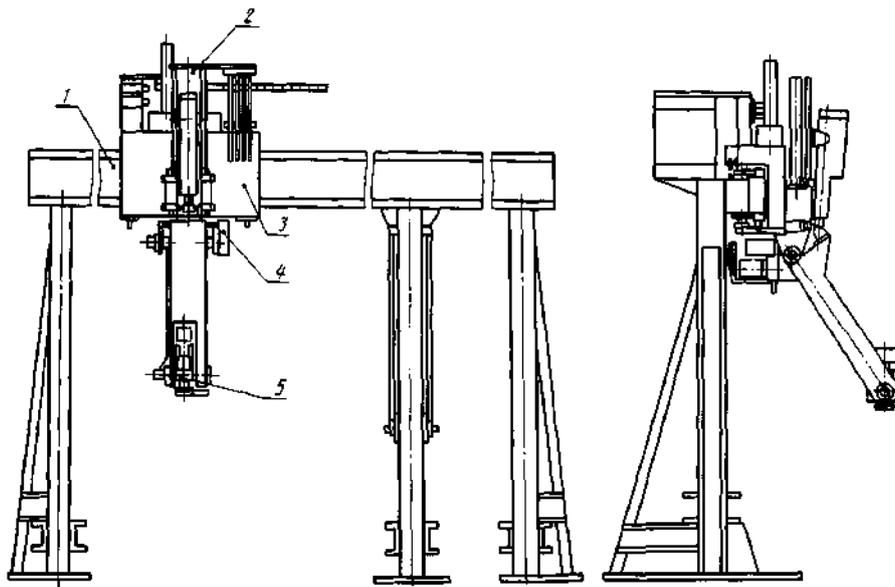


Рисунок 5.8 – Схема портального АМ М40П05.01

Портальный АМ с ЧПУ М40П05.01 (рисунок 5.8) предназначен для выполнения загрузки – разгрузки металлорежущих станков и другого технологического оборудования. Он может использоваться для обслуживания токарных (16К20Ф3), токарно-револьверных (1Е365ПЦ), многорезцовых (1716Ф3) и других станков. Устройство ЧПУ позиционного типа позволяет реализовать различные циклы работ. Предусмотрены устройства для автоматического закрепления захватного устройства в головке АМ, что дает возможность осуществлять автоматическую смену захватных устройств. Этот АМ может обслуживать станки как с горизонтальной, так и с вертикальной осью шпинделя, а также выполнять перекладку заготовок на поддонах, установку (снятие) заготовок на спутники (со спутников) и т.п. [1].

В АМ используется гидравлический привод: для перемещения каретки – шаговый с гидроусилителем крутящего момента, для ползуна и руки – линейный шаговый. Грузоподъемность АМ 40 кг. Манипулятор имеет пять степеней подвижности: перемещение каретки 3 (см. рисунок 5.8) по траверсе 1, перемещение ползуна 2, поворот руки 4, поворот шпинделя головки 5 и качание головки 5. Наибольший ход каретки 3 питателя 10800 мм, наибольший ход ползуна 2500 мм [1].

На основе портального АМ модели М20Ц48.01 выпускается комплекс БРСК-01, который предназначен для токарной обработки деталей типа фланцев широкой номенклатуры диаметром 40–150 мм и массой до 10 кг. Планировка РТК показана на рисунке 5.9. В РТК входят токарно-револьверный станок 1В340Ф30, модернизированный для работы с ПР, дисковый магазин и система ограждения, обеспечивающая безопасность работы. Приемная и грузочная позиции совмещены. На станке выполняется либо полная обработка заготовки (с

одного установка), либо обработка с одной стороны. В последнем случае обработка другой стороны осуществляется либо в другом РТК, либо после того, как вся партия будет изготовлена, РТК переналаживают на другую операцию [1].

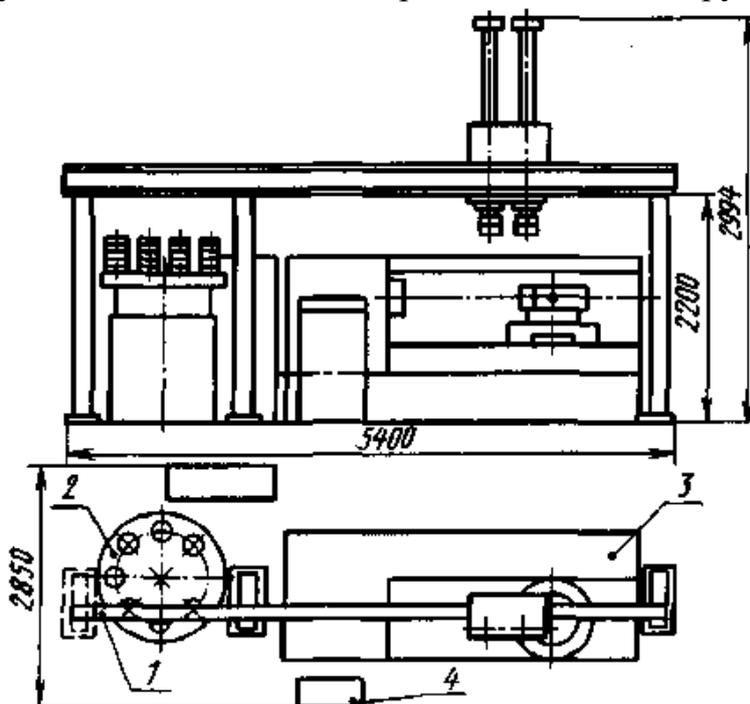


Рисунок 5.9 – Схема роботизированного технологического комплекса БРСК-01

Заготовки помещают на диске с ориентирующими штырями на поворотном магазине. Магазин устанавливают таким образом, чтобы две его соседние позиции находились в плоскости перемещения захватных устройств. Манипулятор двурукий, причем расстояние между двумя руками равно расстоянию между двумя соседними позициями магазина, взятие заготовки и укладка обработанной заготовки выполняются одновременно. После обработки всей стопы заготовок и заполнения позиции магазина обработанными заготовками магазин поворачивается на один шаг, подводя под разгрузочную руку пустую позицию, а под загрузочную руку – стопу заготовок [1].

Цикл работы осуществляется следующим образом. Рука загрузки во время работы станка захватывает заготовку, и каретка перемещается в рабочую зону. По окончании обработки свободное захватное устройство снимает обработанную заготовку, а рука загрузки устанавливает новую заготовку, обработка возобновляется. Во время механической обработки этой заготовки на станке манипулятор укладывает обработанную заготовку в разгрузочную позицию магазина и одновременно свободным вторым захватным устройством берет из стопы заготовку и переносит в рабочую зону станка [1].

Эффективность использования порталных АМ при автоматизации технологического оборудования и создании ГПС определяется быстродействием и надежностью работы АМ [1].

Быстродействие, определяющее производительность, зависит от конструктивно-компоновочных схем порталных автоматических манипуляторов [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов М.М. Проектирование автоматизированного производственного оборудования: Учеб. пособие для вузов/ М.М. Кузнецов, Б.А. Усов, В.С. Стародубов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.: ил.
2. Металлорежущие станки: Учебник/ В.Д. Ефремов, и др.; под общ. ред. П.И. Ящерицына. 5-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. - 696 с.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭЛЕКТРОННОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ

ТЕМА №1. ТИПЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Сочетание механизмов или устройств, выполняющих определенные целесообразные действия для производства полезной работы, называется:

Ответ: 1) рабочим механизмом; 2) рабочей машиной; 3) автоматом.

2. Движения, благодаря которым производится непосредственное технологическое воздействие на обрабатываемую заготовку, называются:

Ответ: 1) рабочими ходами; 2) рабочим циклом; 3) рабочими движениями.

3. Движения механизмов, которые служат для подготовки условий, необходимых для обработки, называются:

Ответ: 1) рабочими ходами; 2) рабочим циклом; 3) вспомогательными ходами.

4. Рабочую машину, которая при выполнении технологического процесса без участия человека производит все рабочие и вспомогательные ходы рабочего цикла и требует лишь контроля и наладки, называют:

Ответ: 1) автоматом; 2) полуавтоматом; 3) агрегатом.

5. Механизмы рабочих и вспомогательных ходов, выполняющие отдельные элементы рабочего цикла, называется:

Ответ: 1) исполнительными; 2) целевыми; 3) рабочими.

6. Машину, работающую в автоматическом цикле, для повторения которого требуется вмешательство рабочего, называют:

Ответ: 1) автоматом; 2) полуавтоматом; 3) агрегатом.

7. Автоматически действующая система машин, расположенных в определенной технологической последовательности и объединенных общими средствами транспортирования заготовок, управления, накопления заделов, удаления отходов и выполняющая определенную обработку заготовки какой-либо определенной детали называется:

Ответ: 1) гибкой автоматизированной линией; 2) гибкой производственной системой; 3) автоматической линией.

8. Совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, РТК, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающую свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик, называется:

Ответ: 1) гибкой автоматизированной линией; 2) гибкой производственной системой; 3) автоматической линией.

9. В состав гибкой автоматизированной линии входит:

Ответ: 1) универсальное технологическое оборудование; 2) гибкие производственные модули; 3) многошпиндельные модификации станков.

10. В состав автоматической линии входит:

Ответ: 1) универсальное технологическое оборудование; 2) гибкие производственные модули; 3) автоматическое технологическое оборудование.

11. ГПС, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций, называется:

Ответ: 1) гибкая автоматизированная линия; 2) гибкий производственный модуль; 3) гибкий автоматизированный участок.

12. Гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования, называется:

Ответ: 1) гибкая автоматизированная линия; 2) гибкий производственный модуль; 3) гибкий автоматизированный участок.

13. Гибкая производственная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры, называется:

Ответ: 1) гибкая автоматизированная линия; 2) гибкий производственный модуль; 3) гибкий автоматизированный цех.

14. Единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с ПУ, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраиваться в ГПС, называется:

Ответ: 1) гибкая автоматизированная линия; 2) гибкий производственный модуль; 3) гибкий автоматизированный участок.

15. По степени автоматизации рабочие машины классифицируются на:

Ответ: 1) полуавтоматы; 2) автоматы; 3) универсальные.

16. Программоносителем у универсального многошпиндельного токарного автомата последовательного действия с горизонтальной осью расположения шпинделей является:

Ответ: 1) магнитный диск; 2) перфолента; 3) распределительный вал.

17. Поэтому универсальные автоматы типичны для:

Ответ: 1) крупносерийного производства; 2) массового производства; 3) среднесерийного производства.

18. Специальные машины из унифицированных функциональных узлов называются:

Ответ: 1) агрегатные станки; 2) многоцелевые станки; 3) модульные станки.

19. Автоматические линии из агрегатных станков – основной тип линий для механической обработки и сборки изделий...

Ответ: 1) типа тел вращения; 2) неподвижных при обработке; 3) движущихся при обработке.

20. ГПС АПП-3-2 включает в свой состав:

Ответ: 1) три многоцелевых пятикоординатных станка с ЧПУ и пять пятикоординатных станков с ЧПУ для глубокого сверления; 2) четыре пятикоординатных станка для глубокого сверления с ЧПУ и один многоцелевой пятикоординатный станок с ЧПУ; 3) четыре многоцелевых пятикоординатных станка с ЧПУ и один пятикоординатный станок с ЧПУ для глубокого сверления.

ТЕМА №2. ПРИВОДЫ И МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

21. В большинстве конструкций автоматов изменение частоты вращения шпинделя или распределительного вала осуществляется обычно:

Ответ: 1) сменными зубчатыми колесами; 2) автоматическими коробками скоростей; 3) коробками скоростей с ручным переключением передач.

22. В станках с ЧПУ в приводах главного движения в основном применяют:

Ответ: 1) сменные зубчатые колеса; 2) автоматические коробки скоростей; 3) коробки скоростей с ручным переключением передач.

23. В зависимости от характера механизмов, используемых в приводах подачи, в автоматизированном оборудовании применяют:

Ответ: 1) механические приводы; 2) электромеханические приводы; 3) электрогидравлические приводы; 4) пневматические приводы.

24. При осуществлении ступенчатого ряда подач применяют механизмы:

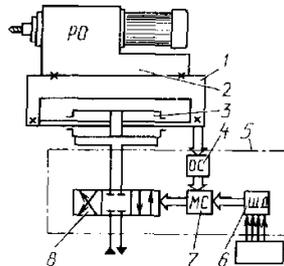
Ответ: 1) зубчатые; 2) дифференциальные; 3) преобразующие; 4) множительные.

25. В формуле для определения времени рабочего цикла операции величина L_H называется:
- Ответ:** 1) гарантированный участок; 2) начальный участок; 3) нестабильный участок.
26. В формуле для определения времени рабочего цикла операции величина L_3 называется:
- Ответ:** 1) рабочий путь; 2) путь обработки заготовки; 3) путь заглупления инструмента в заготовку.
27. В формуле для определения времени рабочего цикла операции величина L_P называется:
- Ответ:** 1) рабочий путь; 2) путь обработки заготовки; 3) путь, определяемый разбросом времени срабатывания устройств управления.
28. Потери времени от нестабильности момента перехода с БП на РП определяются по формуле:
- Ответ:** 1) $t = (S_{БП} / S_{РП}) \cdot t_P$; 2) $t = (S_{РП} / S_{БП}) \cdot t_P$; 3) $t = (S_{БП} / S_{РП}) \cdot t_{БП}$.
29. В гидравлических приводах подач с путевым управлением агрегатных станков применяются следующие датчики, подающие команду на переключение режимов движения:
- Ответ:** 1) электрогидравлические; 2) механогидравлические; 3) пневмогидравлические.
30. Гидравлические приводы подачи с электрогидравлическим управлением отличаются:
- Ответ:** 1) большим разбросом времени срабатывания; 2) малым разбросом времени срабатывания; 3) низкой надежностью работы; 4) высокой надежностью работы.
31. Гидравлические приводы подачи с механогидравлическим управлением отличаются:
- Ответ:** 1) большим разбросом времени срабатывания; 2) малым разбросом времени срабатывания; 3) низкой надежностью работы; 4) высокой надежностью работы.
32. Замена электрогидравлического путевого управления механогидравлическим позволяет повысить цикловую производительность на:
- Ответ:** 1) 30–50 %; 2) 50–60 %; 3) 20–30 %.
33. В уравнении движения поршня в цилиндре гидропривода величина p_1 :
- Ответ:** 1) давление в штоковой полости; 2) давление в поршневой полости; 3) давление в редуционном клапане.
34. В уравнении движения поршня в цилиндре гидропривода величина p_2 :
- Ответ:** 1) давление в штоковой полости; 2) давление в поршневой полости; 3) давление в редуционном клапане.
35. В уравнении движения поршня в цилиндре гидропривода величина F_1 :
- Ответ:** 1) площадь поршня в штоковой полости; 2) площадь поршня в поршневой полости; 3) площадь поперечного сечения штока.
36. В уравнении движения поршня в цилиндре гидропривода величина F_2 :
- Ответ:** 1) площадь поршня в штоковой полости; 2) площадь поршня в поршневой полости; 3) площадь поперечного сечения штока.
37. В уравнении движения поршня в цилиндре гидропривода величина S :
- Ответ:** 1) сила сопротивления трению; 2) тяговая сила привода; 3) скорость движения стола.
38. В уравнении движения поршня в цилиндре гидропривода величина T :
- Ответ:** 1) сила сопротивления трению; 2) тяговая сила привода; 3) масса подвижных частей.
39. В линейном электрогидравлическом приводе величину и скорость перемещения исполнительных органов задает:
- Ответ:** 1) частотный преобразователь; 2) шаговый двигатель; 3) электрогидравлический распределитель.
40. В линейном электрогидравлическом приводе внешние нагрузки:

Ответ: 1) не передаются на задающий электродвигатель; 2) передаются на задающий электродвигатель; 3) воспринимаются силовым гидроцилиндром.

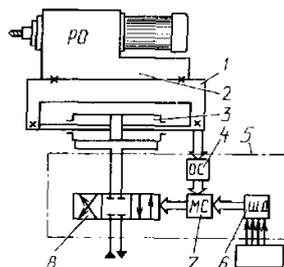
ТЕМА №3. ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ПОДАЧИ СИЛОВЫХ УЗЛОВ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

41. В состав автономного задатчика перемещений входят следующие элементы, представленные на рисунке:



Ответ: 1) 3-4-7-8; 2) 4-6-7-8; 3) 1-2-3-4.

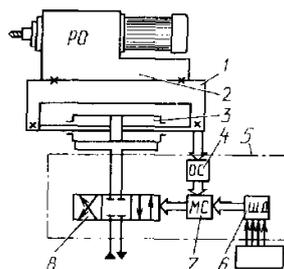
42. В представленной схеме ЛЭГП с АЗП прямая связь осуществляется через звенья:



Ответ: 1) 6-7-4-3-1-2; 2) 2-1-3-4-7-8; 3) 6-7-8-3-1-2.

43. В представленной схеме ЛЭГП с АЗП обратная связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 6-7-4-3-1-2; 2) 2-1-3-4-7-8; 3) 6-7-8-3-1-2.



44. В ЛЭГП с АЗП величина перемещения стола определяется:

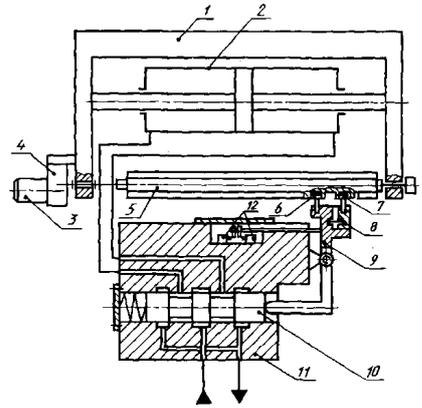
Ответ: 1) числом импульсов, подаваемых на ШД; 2) частотой следования импульсов, подаваемых на ШД; 3) числом оборотов вала ШД.

45. В ЛЭГП с АЗП скорость перемещения стола определяется:

Ответ: 1) числом импульсов, подаваемых на ШД; 2) частотой следования импульсов, подаваемых на ШД; 3) числом оборотов вала ШД.

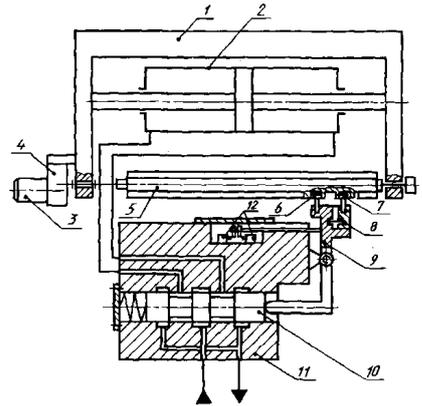
46. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке:

Ответ: 1) гидрораспределитель является дросселирующим; 2) гидрораспределитель не является дросселирующим; 3) шаговый двигатель напрямую связан с винтом; 4) шаговый двигатель связан с винтом через редуктор.



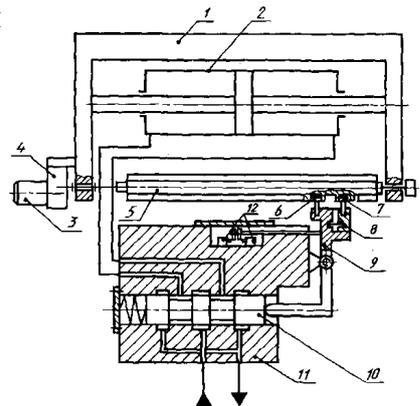
47. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, прямая связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 3-4-5-6-7-8-9-10; 2) 3-4-5-6-7-8-9-10-2-1; 3) 2-1-5-6-7-8-9-10.



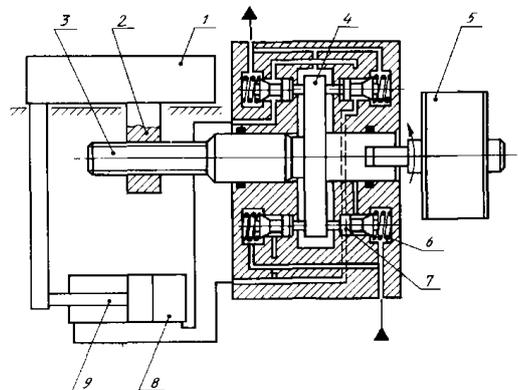
48. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, обратная связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 3-4-5-6-7-8-9-10; 2) 3-4-5-6-7-8-9-10-2-1; 3) 2-1-5-6-7-8-9-10.



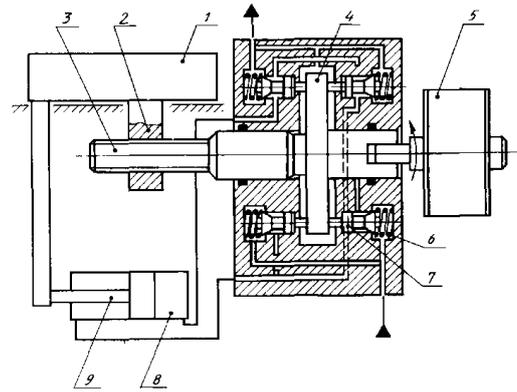
49. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, прямая связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 5-3-2-4-6-7-8-9-1; 2) 8-9-1-2-3-4-6-7; 3) 2-1-5-6-7-8-9-1.



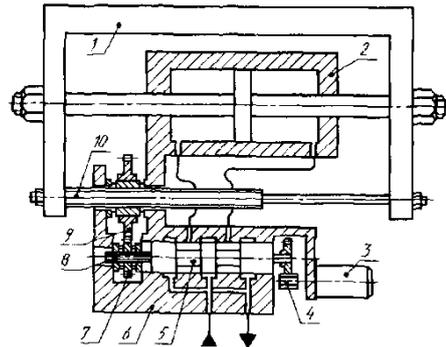
50. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, обратная связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 5-3-2-4-6-7-8-9-1; 2) 8-9-1-2-3-4-6-7; 3) 2-1-5-6-7-8-9-1.



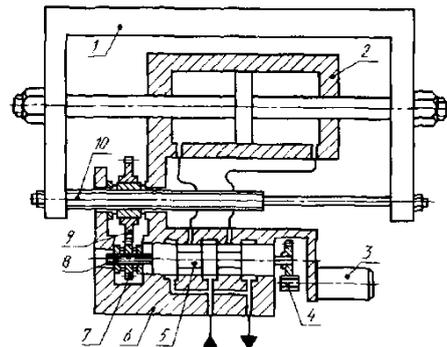
51. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, прямая связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 5-3-2-4-6-7-8-9-1; 2) 2-1-10-9-7-8-5-6; 3) 3-4-5-6-7-8-2-1.



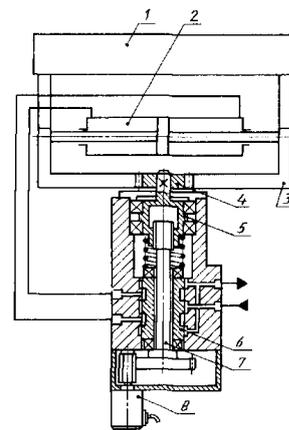
52. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, обратная связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 5-3-2-4-6-7-8-9-1; 2) 2-1-10-9-7-8-5-6; 3) 3-4-5-6-7-8-2-1.



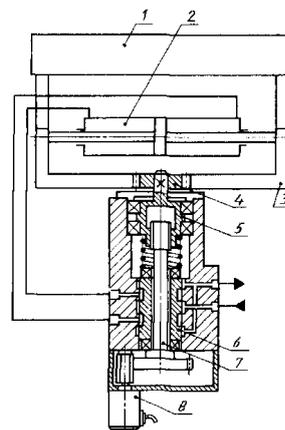
53. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, прямая связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 8-7-5-6-2-1; 2) 2-1-7-8-5-6; 3) 2-1-3-4-5-7-6.



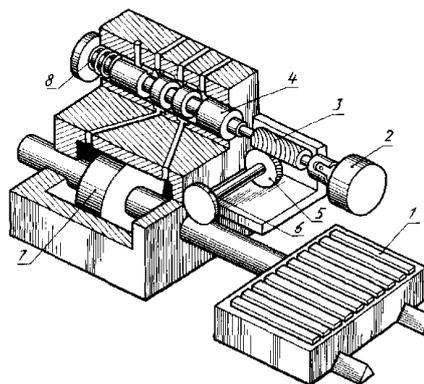
54. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, обратная связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 8-7-5-6-2-1; 2) 2-1-7-8-5-6; 3) 2-1-3-4-5-7-6.



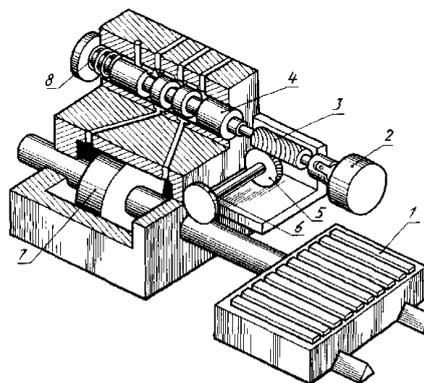
55. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, прямая связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 7-6-5-3-8-4; 2) 2-3-5-4-7-1; 3) 2-1-3-4-5-7-6.



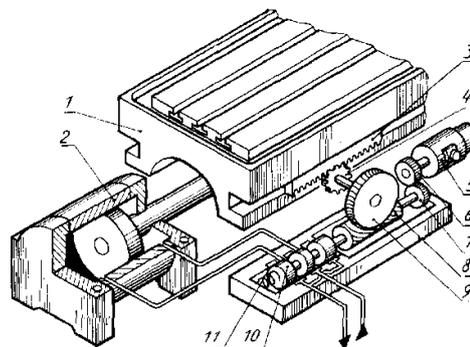
56. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, обратная связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 7-6-5-3-8-4; 2) 2-3-5-4-7-1; 3) 2-1-3-4-5-7-6.



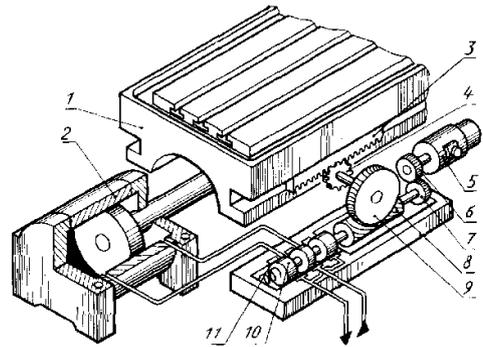
57. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, прямая связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 7-6-5-3-8-4; 2) 2-1-3-4-9-8-11-10; 3) 5-6-7-8-9-10-2-1.



58. В ЛЭГП с АЗП, представленном на рисунке, обратная связь осуществляется через звенья:

Ответ: 1) 2-1-4-3-8-9-11-10; 2) 2-1-3-4-9-8-11-10; 3) 5-6-7-8-9-10-2-1.



59. Для ЛЭГП с АЗП 10Г69-14 рабочая скорость лежит в пределах:

Ответ: 1) 3-1200 мм/мин; 2) 1,5-600 мм/мин; 3) 6-2400 мм/мин.

60. Для ЛЭГП с АЗП 10АГ69-14 скорость быстрого хода составляет:

Ответ: 1) 2,4 м/мин; 2) 4,8 м/мин; 3) 9,6 м/мин.

ТЕМА №4. ЦЕЛЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

61. Мощность двигателя микросиловых силовых головок составляет:

Ответ: 1) 0,1–0,4 кВт; 2) 0,1–0,3 кВт; 3) 0,1–0,2 кВт.

62. Гидравлические силовые головки выполняют:

Ответ: 1) только самодействующими; 2) как самодействующими, так и несамодействующими; 3) только несамодействующими.

63. Пинольная плоскокулачковая головка габарита 03 обладает:

Ответ: 1) мощностью электродвигателя N , равной 2,2 и 3 кВт; 2) мощностью электродвигателя N , равной 1,1; 1,5; 2,2 кВт; 3) мощностью электродвигателя N , равной 0,6 и 0,8 кВт.

64. Сверлильные бабки служат для:

Ответ: 1) сверления, зенкерования и развертывания отверстий; 2) сверления, зенкерования и растачивания отверстий; 3) только для сверления отверстий.

65. Для установки на них шпиндельных узлов с самостоятельным приводом вращения служат:

Ответ: 1) сверлильные бабки; 2) силовые столы; 3) шпиндельные головки.

66. Осевую силу при сверлении измеряют главным образом для контроля обработки спиральными сверлами:

Ответ: 1) большого диаметра; 2) среднего диаметра; 3) малого диаметра.

67. Работа механотрона основана на преобразовании:

Ответ: 1) перемещения внешнего конца стержня, впаянного в мембрану, и подвижного электрода, закрепленного на внутренней части стержня, относительно неподвижного электрода; 2) перемещения внутреннего конца стержня, впаянного в мембрану, и подвижного электрода, закрепленного на внешней части стержня, относительно неподвижного электрода; 3) перемещения внешнего конца стержня, впаянного в мембрану, и подвижного электрода, закрепленного на внешней части стержня, относительно неподвижного электрода.

68. Время перенастройки измерительной головки МИКРОМАР от измерения одного диаметра к измерению другого составляет:

Ответ: 1) не более 20 с; 2) не более 10 с; 3) не более 5 с.

69. В измерительном датчике фирмы «Ренишау» сигнал о срабатывании передается с помощью:

Ответ: 1) электрического импульса; 2) механической передачи; 3) инфракрасного излучения.

70. Число электронных контактных наконечников в цельном многократном щупе ТФ-30 равно:

Ответ: 1) пяти; 2) шести; 3) трем.

71. Для точной установки поворачиваемых узлов и предотвращения их смещения под действием усилий, возникающих в процессе обработки предназначены:

Ответ: 1) поворотные устройства; 2) механизмы фиксации; 3) мальтийские механизмы.

72. Для периодического перемещения обрабатываемой заготовки с одной позиции на другую и точной фиксации на каждой позиции предназначен:

Ответ: 1) поворотный механизм; 2) мальтийский механизм; 3) поворотный делительный стол.

73. Механические устройства поворота делят на:

Ответ: 1) кулачковые, мальтийские, рычажные и зубчатые; 2) кулачковые, кривошипные, рычажные и зубчатые; 3) кулачковые, мальтийские, кулисные и зубчатые.

74. Наибольшее распространение в станках с ЧПУ получили инструментальные магазины следующих типов:

Ответ: 1) дискового, барабанного и портального; 2) дискового, барабанного и цепного; 3) кассетного, барабанного и цепного.

75. При расположении магазина данного типа на шпиндельной бабке не требуется дополнительной координации положения магазина и шпинделя при смене инструмента загрузочным автооператором:

Ответ: 1) дискового; 2) цепного; 3) барабанного.

76. Многосекционные магазины данного типа, обладая большой вместимостью, позволяют использовать при работе станка одну из секций магазина без перемещения всего запаса инструментов:

Ответ: 1) дискового; 2) цепного; 3) барабанного.

77. Конструкция магазинов данного типа такова, что можно изменять их вместимость без существенного изменения конструкции станка:

Ответ: 1) дискового; 2) цепного; 3) барабанного.

78. При большом числе заготовок и часто повторяющейся определенной операции целесообразно использовать:

Ответ: 1) шпиндельные кассеты; 2) стандартные оправки; 3) многошпиндельные насадки.

79. Силы резания при применении многошпиндельных насадок должны быть:

Ответ: 1) небольшими; 2) средними; 3) значительными.

80. Магазины многошпиндельных насадок в зависимости от их габаритов выполняются:

Ответ: 1) цепными, барабанными, дисковыми; 2) цепными, стеллажными, дисковыми; 3) с поворотными столами и с поворотными револьверными головками.

ТЕМА №5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ И МАНИПУЛЯТОРЫ

81. Роботы, способные с помощью сенсорных или тактильных датчиков воспринимать информацию о внешней среде, относятся к роботам:

Ответ: 1) II поколения; 2) I поколения; 3) III поколения.

82. Роботы, обладающие способностью самообучения, относятся к роботам:

Ответ: 1) II поколения; 2) I поколения; 3) III поколения.

83. В зависимости от характера конструктивного исполнения и связи со станком ПР бывают:

Ответ: 1) стационарные; 2) напольные; 3) настенные.

84. В зависимости от характера конструктивного исполнения и связи со станком ПР бывают:

Ответ: 1) подвесные; 2) передвижные; 3) стеллажные.

85. Число степеней подвижности ПР определяет:

Ответ: 1) число координат, по которым можно перемещать ПР; 2) число координат, по которым можно перемещать инструмент; 3) число координат, по которым можно перемещать обрабатываемую заготовку.

86. Захватные устройства ПР бывают следующих типов:

Ответ: 1) открытые; 2) распирающие; 3) закрытые; 4) запирающие.

87. Захватные устройства ПР бывают следующих типов:

Ответ: 1) тактильные; 2) управляемые; 3) сенсорные; 4) неуправляемые.

88. Захват заготовок благодаря аэродинамическому эффекту притяжения происходит в захватных устройствах данного типа:

Ответ: 1) струйных; 2) вакуумных; 3) клещевых.

89. Для перемещения исполнительных механизмов роботов применяют данные приводы:

Ответ: 1) механические; 2) пневматические; 3) электрические.

90. Сочетание гидро-или пневмопривода с волновой передачей позволяет достичь:

Ответ: 1) легкости управления; 2) высокой точности поворота; 3) передачи большого крутящего момента.

91. ПР «Универсал – 15» работает в следующей системе координат:

Ответ: 1) прямоугольной; 2) цилиндрической; 3) сферической.

92. Погрешность позиционирования у ПР «Универсал – 15» составляет:

Ответ: 1) ± 2 мм; 2) $\pm 0,2$ мм; 3) ± 1 мм.

93. Число степеней подвижности ПР М10П62.01 без захвата равно:

Ответ: 1) 5; 2) 4; 3) 3.

94. Погрешность позиционирования у ПР М10П62.01 составляет:

Ответ: 1) ± 2 мм; 2) $\pm 0,2$ мм; 3) $\pm 0,5$ мм.

95. Грузоподъемность одного захвата у ПР М10П62.01 составляет:

Ответ: 1) 5 кг; 2) 10 кг; 3) 15 кг.

96. У специальных модификаций порталных АМ расположением рук вдоль каретки:

Ответ: 1) двухстороннее; 2) одностороннее; 3) трехстороннее.

97. У порталного АМ М40П05.01 для перемещения каретки применяется следующий гидропривод:

Ответ: 1) линейный шаговый; 2) угловой шаговый; 3) шаговый с гидроусилителем крутящего момента.

98. У порталного АМ М40П05.01 для перемещения ползуна и руки применяется следующий гидропривод:

Ответ: 1) линейный шаговый; 2) одностороннее; 3) шаговый с гидроусилителем крутящего момента.

99. Эффективность использования порталных АМ при автоматизации технологического оборудования и создании ГПС определяется:

Ответ: 1) грузоподъемностью захватов АМ; 2) быстродействием работы АМ; 3) надежностью работы АМ; 4) количеством захватов АМ.

100. Быстродействие, определяющее производительность порталных АМ, зависит от:

Ответ: 1) конструктивно-компоновочных схем; 2) мощности приводов АМ; 3) массы движущихся частей АМ.

Гриценко Вячеслав Владимирович

ОБРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ПРОИЗВОДСТВ

Учебное пособие для студентов направления
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
всех форм обучения

Подписано в печать 29.12.18. Формат 84×108/16.
Усл. печ. л. 4,93. Тираж 50 экз. Заказ 181686. Рег. № 29.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/б.