

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

Кафедра материаловедения и физики металлов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ОМД

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Автоматизация, робототехника и ГПС
кузнечно-штамповочного производства»



Уфа 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

Кафедра материаловедения и физики металлов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ОМД

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Автоматизация, робототехника и ГПС
кузнечно-штамповочного производства»

Учебное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ

Уфа 2021

Авторы-составители: Ф. Ф. Сафин, В. З. Бикбулатова, Э. Ф. Хайретдинов

Автоматизация процессов в ОМД : лабораторный практикум по дисциплине «Автоматизация, робототехника и ГПС кузнечно-штамповочного производства» [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т ; [авт.-сост. : Ф. Ф. Сафин, В. З. Бикбулатова, Э. Ф. Хайретдинов]. – Уфа : УГАТУ, 2021. – URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-73.pdf

Цель лабораторного практикума – получение практических навыков и закрепление теоретических знаний по эксплуатации робототехнических систем в обработке металлов давлением.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 Машиностроение, профиль подготовки «Машины и технология обработки металлов давлением».

Рецензент д-р техн. наук, профессор А. Ю. Медведев

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Авторы-составители: *Сафин Фидус Файзханович,*
Бикбулатова Винера Закуановна,
Хайретдинов Эрнст Фасхейевич

Компьютерная верстка: *А. А. Шарипова*
Программирование и компьютерный дизайн: *А. П. Меркулова*

Подписано к использованию: 11.06.2021
Объем 2,21 Мб

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»
450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.
Тел.: +7-908-35-05-007
e-mail: rik@ugatu.su

Все права на размножение, распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование, использование данного продукта запрещено.

ВВЕДЕНИЕ

Современный курс на интенсификацию развития науки и техники предусматривает широкое применение автоматических комплексов и робототехнических систем в различных отраслях промышленности.

Целенаправленная подготовка специалистов этой области должна определять получение знаний, как по принципиальным основам построения, так и по эксплуатации робототехнических систем. Выполнение лабораторной работ по комплексам и робототехнике предусматривается учебным планом.

Лабораторные работы выполняются с целью получения практических навыков и закрепления теоретических знаний по указанной дисциплине. Для выполнения работ учебная группа разбивается на бригады по 3–5 человек. При подготовке к выполнению каждой работы студент должен изучить соответствующие теоретические разделы литературы, указанной в учебном плане, познакомиться с описанием лабораторной работы; составить графики таблицы для записи результатов; изучить и усвоить правила техники безопасности при работе с устройствами и механизмами согласно инструкции.

Проверка подготовленности к выполнению очередной лабораторной работы осуществляется преподавателем при личном опросе. По каждой лабораторной работе студент составляет индивидуальный отчет, который должен содержать принципиальные схемы и результат исследования в виде таблиц и графиков с необходимыми пояснениями и выводами. Отчет выполняется на листах писчей бумаги, а графики – на масштабной бумаге.

Все листы отчета должны быть сброшюрованы. Отчет предъявляется преподавателю для проверки и служит основой для сдачи зачета по практикуму. Во время зачета студент должен показать прочные знания по соответствующим разделам дисциплины, а также по использованию методов экспериментального исследования и расчета.

Перед началом работы непосредственно у лабораторного оборудования или стенда каждый студент должен пройти специальный инструктаж по технике безопасности у преподавателя или лаборанта с обязательной отметкой в журнале по технике

безопасности. Лабораторные работы выполняются только с разрешения преподавателя и в его присутствии. Перед началом лабораторных работ необходимо убедиться в том, что манипулятор, система управления, отключены от электропитания; проверить шины заземления и их подключение к лабораторному стенду; убрать все посторонние предметы из рабочей зоны робота и проверить ее ограждение; занять рабочие места вне рабочей зоны робота. При проведении лабораторной работы необходимо: собрать схему и предъявить ее преподавателю и лаборанту и только после их разрешения производить включение; при кратковременном включении проверить работоспособность системы экстренного отключения питания; включить и провести необходимые работы согласно методическим указаниям.

Если при эксплуатации робота появились визуально регистрируемые неисправности, необходимо его немедленно отключить и сообщить об этом преподавателю или лаборанту. После завершения работ манипулятор, система управления и разматывающее устройство предъявляется для проверки преподавателю или лаборанту и затем выключается. Все органы управления должны находиться в исходном положении.

Студентам запрещается самостоятельно устранять неисправности, открывать корпуса устройств, класть посторонние предметы на рабочие места, включать и выключать устройства, не относящиеся к выполняемому заданию, участвовать в работах, выполняемых другими студентами, оставлять без надзора включенные установки.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Перед началом выполнения каждой лабораторной работы:

- внимательно прослушайте вводный инструктаж преподавателя о порядке и особенностях выполнения лабораторных работ;
- внимательно изучите методические указания к работе, которую выполняете, и строго ими руководствуйтесь;
- подготовьте рабочее место для безопасной работы: уберите его, если на нем находятся посторонние предметы;
- проверьте и подготовьте к работе, согласно методическим указаниям, необходимые инструменты и принадлежности;
- о начале выполнения работы непосредственно на лабораторном оборудовании предупредите преподавателя или учебного мастера.

Во время работы:

- выполняйте только ту работу, которая разрешена вам преподавателем;
- за разъяснениями по всем вопросам выполнения лабораторных работ обращайтесь только к преподавателю или учебному мастеру;
- будьте внимательны и аккуратны.
- не отвлекайтесь сами и не отвлекайте других;
- не вмешивайтесь в работу других студентов;
- содержите в чистоте и порядке свое рабочее место;
- категорически запрещается касаться движущихся и токоведущих частей установки, неизолированных электропроводов;
- категорически запрещается переналаживать и исправлять установку, если это тебе не поручено преподавателем;
- внимательно следите за работой установки и регистрирующих приборов. В случае замеченных неисправностей отключите напряжение и сообщите преподавателю или учебному мастеру.

По окончании работы:

- наведите полный порядок на своем рабочем месте и сдайте его преподавателю или учебному мастеру;
- сдайте преподавателю или учебному мастеру учебную литературу и инструмент.

При выполнении работы строго запрещается:

- работать на всех видах установок, станках, стендах, не относящихся к выполняемой работе, и находиться вблизи них;
- бесцельно ходить по лаборатории;
- отвлекать других от работы разговорами;
- покидать помещение лаборатории во время занятия без разрешения преподавателя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУНКЕРНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

1.1. Цель работы: Изучение одного из типов автоматических загрузочных устройств – вибрационного бункера с электромагнитным возбуждением вибраций.

Задача:

Изучение принципа работы, конструктивных особенностей и производительности вибрационного бункерного загрузочного устройства

1.2. Теоретическая часть

Принцип работы вибрационного бункерного загрузочного устройства

Вибробункер предназначен для накопления штучных заготовок в количестве, необходимом для непрерывной работы прессы в течение заданного отрезка времени и их подачи к рабочим органам прессы.

В сравнении с другими типами автоматических загрузочных устройств вибробункер имеет ряд преимуществ:

Отсутствуют подверженные износу трущиеся пары, перемещение заготовок осуществляется плавно с бесступенчатым регулированием скорости, не требуются захваты и предохранительные устройства, сравнительно легко осуществляется ориентация подаваемых заготовок, скорость движения заготовок не зависит от ее массы, т.е. крупные, мелкие, в том числе и легкие заготовки будут перемещаться с одинаковой скоростью, задаваемой приводом. Здесь заготовки перемещаются только под действием сил инерции, не перемещаются так интенсивно, как в других устройствах, и поэтому меньше подвергаются повреждениям.

Благодаря наличию существенных преимуществ, вибрационные бункерные загрузочные устройства получают все более широкое применение для автоматизации загрузки.

Применяются два способа сообщения необходимого колебательного движения чаше вибропитателя:

1) при помощи 3 тангенциальных вибраторов;

2) при помощи одного вертикального вибратора, якорь которого крепится в центре днища бункера и совершает колебания в вертикальном направлении (рис. 1.1).

Эти колебания тангенциально расположенными наклонными стержнями преобразуются в колебания чаши питателя по спирали. В вибропитателях, предназначенных работать с высокой скоростью, движение заготовок по спиральному лотку и потоку имеющих небольшие углы ψ наклона стержней, предпочтение следует приводу при помощи 3 тангенциальных вибраторов, как потребляющему меньшую мощность.

В вибропитателях, предназначенных работать с малой скоростью движения заготовок по спиральному потоку и соответственно имеющих большие углы наклона стержней, а также для вибропитателей малых размеров, конструктивно более удобным может оказаться вертикальный вибратор.

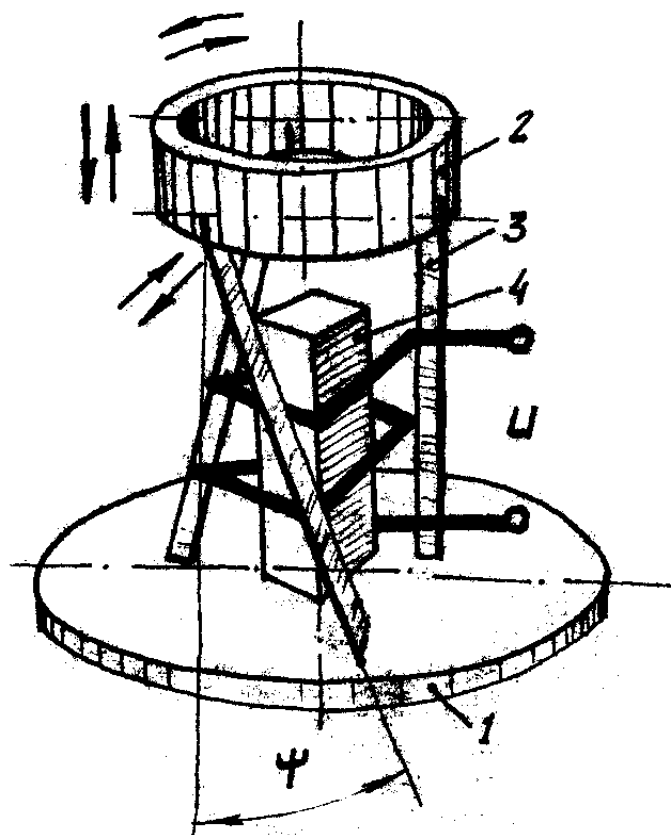


Рис. 1.1. Схема работы вибрационного бункера

На рис. 1.1 представлена схема вибробункера. Основные части: массивное основание – плита 1, чаша – бункер 2, подвешенная на плоских (или круглого сечения) симметрично расположенных наклонных пружинах 3 и электромагнит – вибратор 4. На внутренней стенке чаши расположен спиральный желоб, по которому перемещаются заготовки. Дно чаши выполнено выпуклым – для обеспечения полной выдачи загруженных заготовок. Основные параметры вибробункера представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

| | |
|--|---|
| Угол наклона пружины ψ | $\psi < \operatorname{arctg} \mu$; $\psi = (10 \div 20^\circ)$ |
| Угол подъема спирали α | $\alpha \leq \mu^2 \operatorname{tg} \psi$; $\alpha = (0,7 \div 0,8)\alpha_{\text{пред}}$; $\alpha_{\text{пред}} = 2^\circ$ |
| Коэффициент трения стальной заготовки по поверхности лотка μ | 0,3 |

Привод бункера представляет собою электромагнитный вибратор (рис. 1.2), питаемый выпрямленным полупериодным током от селенового выпрямителя, включенного в сеть переменного тока. При подключении катушки 5 электромагнита к источнику тока якорь 4 притягивается к сердечнику с переменным усилием F_M . При тщательной сборке питателя эта сила равномерно распределяется по опорным пружинам 3, нагружая каждую из них своей долей $\frac{F_M}{3}$.

Опорные пружины проседают и незначительно закручиваются относительно мест заделки.

Благодаря этому бункер, закрепленный на пружинах-подвесках, вместе с подвижной частью вибратора, совершает 3000 крутильных и вертикальных колебаний в минуту, благодаря которым инерционные силы по-разному взаимодействуют с гравитационными, т.е. принцип работы с двумя скоростями перемещения лотка – небольшой в направлении движения и большой в период обратного хода. Изменение производительности производится путем изменения амплитуды колебаний бункера. Последняя регулируется с помощью латтера (реостата) в пределах 0,5–1 мм. При этом, в любое время,

поток заготовок может быть остановлен, возобновлен, или изменен по скорости.

Принципиальная электрическая схема привода вибрационного бункера представлена на рис. 1.2.

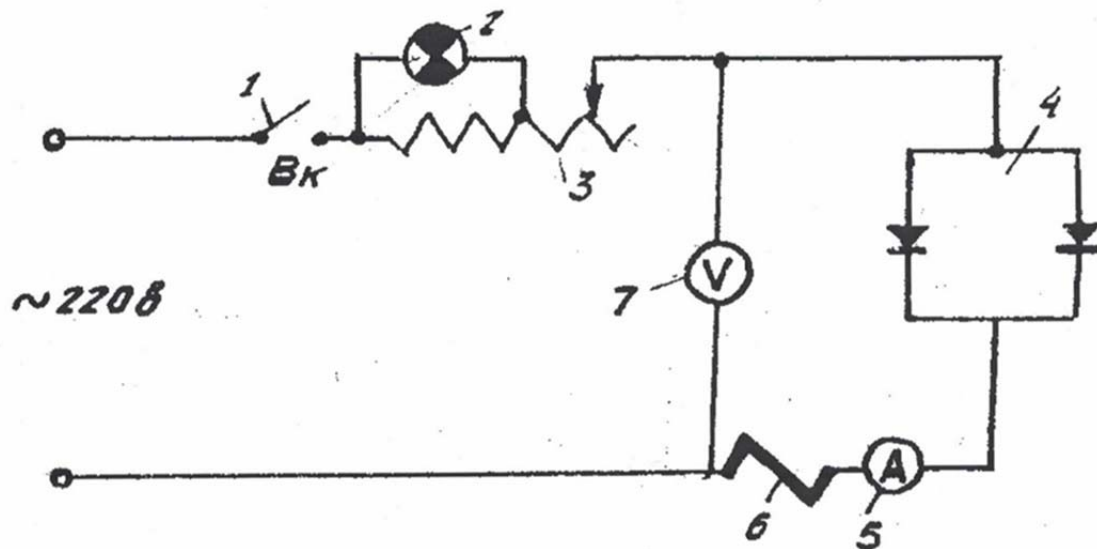


Рис. 1.2. Принципиальная электросхема привода вибрационного бункера:
1 – выключатель; 2 – сигнальная лампа; 3 – латтер;
4 – селеновый выпрямитель; 5 – амперметр; 6 – электромагнит; 7 – вольтметр

С увеличением частоты усиливается шум, издаваемый бункером, особенно ощутимый у загрузочных устройств с чашей большего диаметра, т.к. частота 50 гц лежит вблизи порога слышимости. С другой стороны, при работе на большей частоте, при одной и той же скорости движения, заготовки имеют значительно меньший отрыв от лотка, что в некоторых случаях может иметь решающее значение при выборе оптимальной частоты. Отметим, что вибропитатели для мелких заготовок могут хорошо работать и на частоте 50 и 100 гц.

Рассмотрим принцип действия вибробункера. При работе вибробункера заготовки перемещаются вверх по винтовому лотку, расположенному на внутренней поверхности чаши. Движение заготовок по лотку возникает при правильном подборе геометрических параметров конструкции и динамических характеристик бункера.

Оптимальным с точки зрения затраты мощности на привод бункера будет случай, когда колебания лотка, рис. 1.3, происходит под углом α и при этом $\beta > \alpha$. При таком условии движение

заготовки осуществляется частично с лотком, частично по лотку и в основном, по воздуху в виде «микрополетов». Величина отрыва заготовки от лотка при ее микрополете составляет несколько сотых долей миллиметра.

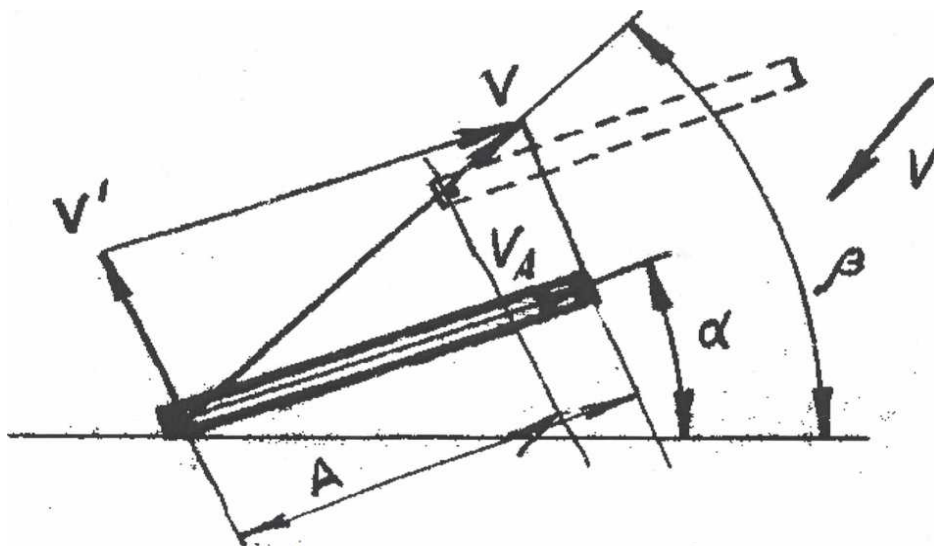


Рис. 1.3. Схема колебаний лотка вибробункера

Производительность вибрационного бункера

Важнейшим показателем работы вибробункера является его производительность, определяемая по формуле:

$$\Pi = k \frac{60 \cdot V}{l} \text{ шт/мин}, \quad (1)$$

где k – коэффициент заполнения, учитывающий разрывы между движущимися по лотку заготовками; V – скорость движения заготовки по лотку, мм/с; l – размер заготовки вдоль лотка, мм.

Скорость перемещения заготовки по лотку определяется соотношением

$$V = k_c \cdot V_{л_{\max}} \text{ [мм/с]}, \quad (2)$$

где k_c – коэффициент скорости, характеризующий разгон заготовки ($k_c < 1$); $V_{л_{\max}}$ – максимальная скорость лотка, рис. 1.3.

Так как колебания лотка осуществляются по гармоническому закону, то

$$V_{Л_{\max}} = \pi \cdot \nu \cdot A \text{ [мм/с]}, \quad (3)$$

где ν – частота колебаний в секунду; A – размах колебаний лотка (мм) (рис. 1.3).

С учетом (2) и (3), получим

$$\Pi = k \cdot k_c \frac{60 \cdot \pi \cdot \nu \cdot A}{l}. \quad (4)$$

1.3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия вибрационного загрузочного устройства.
2. Составить схему работы вибрационного бункера.
3. Ознакомиться с электрической схемой вибрационного привода бункера, собрать ее и сделать пробное включение.
4. Определить экспериментально производительность бункера при различных амплитудных колебаниях (напряжения питания электровибратора).
5. Построить график зависимости производительности при изменении амплитуды колебаний (напряжения питания электровибратора).
6. Сделать выводы. Результаты замеров занести в протокол.

Протокол испытаний:

| № п/п | Напряжение питания, В | Производительность, шт/мин | Примечание |
|-------|-----------------------|----------------------------|------------|
| 1. | 220 | | |
| 2. | 110 | | |

1.4. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- наименование и цель работы;

- эскиз бункерного загрузочного устройства;
- описание принципа действия и устройства вибрационного бункерного загрузочного устройства,
- назначение, область и применения, конструктивные особенности вибрационного бункерного загрузочного устройства;
- электрическую схему,
- методику определения производительности загрузочного устройства, протокол испытаний,
- построить график зависимости производительности от напряжения питания бункера (амплитуда колебаний / напряжение);
- вывод по экспериментальной части работы.

1.5. Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить процесс ускорения заготовки на вибрлотке.
2. Рассказать об устройстве АБЗОУ.
3. Указать факторы, влияющие на производительность АБЗОУ.
4. Охарактеризовать достоинства и недостатки вибрационного АБЗОУ.

1.6. Литература

1. Повитайло В. С. Расчет и конструирование вибрационных питателей. М.: Машгиз, 2001.
2. Оптимальные режимы работы вибрационных питателей // Станки и инструмент. 1960. № 5.
3. Барановский М. А. Механизация и автоматизация штамповочного производства. Минск, 1960
4. Автоматизация устройства для холодной листовой штамповки штучных заготовок. РТМ 70-63 РТМ81-61. Стандартгиз, 2010.
5. Максименко А. Е., Проскуряков Н. Е. Автоматизация кузнечно-штамповочного производства: учеб. пособие / под ред. В. А. Демина. 2-е изд., стер. М.: МГИУ, 2007. 191 с.
6. Марченко В. Е. Автоматизация технологических процессов обработки металлов давлением: текст лекций. Ульяновск: УлТУ, 2007. 142 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ И НАЛАДКА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА МП-9С С ЦИКЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

2.1. Цель работы: Практическое изучение назначения, технологических возможностей, принципа работы, конструкции, программирования, основ настройки и испытаний промышленных роботов.

Задачи:

1. Изучение:

- конструкции робота МП-9С,
- устройства программного управления ЭЦПУ-6030,
- принципа действия цикловой системы программного управления.

2. Освоение методики программирования.

3. Приобретение практических навыков по наладке робота.

2.2. Теоретическая часть

Общие сведения о промышленных роботах

Промышленный робот (ПР) – это стационарная или передвижная автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора (имеющего несколько степеней свободы) и перепрограммируемого устройства программного управления и, предназначенная для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих аналогичные функции человека при перемещении предметов производства и (или) технологической оснастки. В общем случае, промышленный робот – это программируемый автоматический манипулятор, предназначенный для автоматизации производственных процессов. Отличительным признаком ПР от других видов роботов является его применение в производственном процессе.

Технологические процессы с использованием ПР проектируют для изготовления изделий при меньшей численности рабочих, занятых ручным, тяжелым, монотонным и малоквалифицированным

трудом (особенно во вредных для человека условиях), а также для повышения технико-экономических показателей производства за счет автоматизации технологических процессов в многономенклатурном производстве различной серийности, при возможности быстро перестраивать роботизированные системы на выпуск новой продукции. Кроме того, ПР позволяют связать в комплексно-автоматизированные системы ранее разрозненное в производственном процессе универсальное и специальное технологическое оборудование.

В настоящее время принято условное деление ПР на три поколения. К первому поколению относят ПР с управлением по заранее составленной программе; ко второму – «очувствленные» роботы, управляемые компьютером с учетом фактической обстановки; к третьему поколению роботов относят роботы со способностью к обучению и адаптации в процессе решения задач, т.е. с основами искусственного интеллекта. Данные поколения ПР существуют параллельно медленно сменяя друг друга, но даже первое поколение роботов позволяет решать большинство практических задач автоматизации производственных процессов.

У современных ПР выполнение двигательных функций сопровождается выполнением управляющих, измерительных и контролирующих действий, аналогичных функциям человека, при перемещении предметов производства и (или) технологической оснастки.

Конструкция промышленных роботов

Наиболее распространенные в машиностроении роботы состоят из следующих основных частей:

- исполнительное устройство;
- манипулятор;
- устройство передвижения;
- устройство управления;
- рабочий орган робота.

Исполнительное устройство ПР – это элементы конструкции робота, выполняющие все его двигательные функции. В состав исполнительного устройства входит манипулятор и устройство передвижения.

Манипулятор ПР – это дистанционно управляемое устройство, представляющее собой разомкнутую кинематическую цепь, оснащенную рабочим органом и приводами для выполнения двигательных функций, заменяющих аналогичные функции руки человека при перемещении объектов.

Устройство передвижения ПР – это составная часть исполнительного устройства, предназначенная для перемещения манипулятора или. работа в целом.

Устройство управления ПР - это устройство для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительному устройству в соответствии с управляющей программой.

Рабочий орган ПР – составная часть исполнительного устройства манипулятора робота, предназначенная для непосредственного выполнения технологических операций и (или) вспомогательных переходов (например, сборочный инструмент, окрасочный пистолет, сварочные клещи, захватное устройство и др.).

Классификация промышленных роботов

Промышленные роботы классифицируются по следующим признакам:

- специализация;
- грузоподъемность;
- число степеней подвижности;
- количество манипуляторов;
- возможность передвижения;
- способ установки на рабочем месте;
- вид системы координат;
- вид привода;
- вид управления;
- способ программирования.

По специализации промышленные роботы бывают следующих видов:

- универсальные ПР;
- специализированные ПР;
- специальные ПР.

Универсальный промышленный робот – это ПР, предназначенный для выполнения технологических операций

различных видов и вспомогательных переходов при функционировании с различными группами и моделями технологического оборудования.

Специализированный промышленный робот – это ПР предназначенный для выполнения технологических операций одного вида или только вспомогательных переходов при функционировании с определенной группой и моделями технологического оборудования (роботы для сборки, сварки, окрашивания и др.).

Специальный промышленный робот – это ПР предназначенный для выполнения определенных технологических операций или вспомогательных переходов при функционировании с конкретной моделью технологического оборудования.

По грузоподъемности ПР подразделяются на следующие группы: сверхлегкие (с номинальной грузоподъемностью до 1 кг); легкие (от 1 до 10 кг); средние (от 10 до 200 кг); тяжелые (от 200 до 1000 кг) и сверхтяжелые (с номинальной грузоподъемностью более 1000 кг). Грузоподъемность ПР зависит от скорости перемещения и величины хода манипулятора робота.

По числу степеней подвижности ПР подразделяются на роботы с малой (до 3 степеней), средней (4–6 степеней) и высокой (свыше 6) степенью подвижности. Роботы с малой степенью подвижности обычно являются специальными, предназначенными для выполнения определенной технологической операции, и реже специализированными, предназначенными для однотипных операций. Средняя подвижность характерна для большинства специализированных и универсальных роботов (последние обладают наибольшими технологическими возможностями, однако, более сложны в эксплуатации). Для решения основных производственных задач обычно достаточно 5–6 степеней свободы.

По количеству манипуляторов промышленные роботы могут быть одно–двух – и много-манипуляторными. Наиболее распространены одно-манипуляторные роботы.

По возможности передвижения ПР подразделяют на стационарные и подвижные.

По способу установки на рабочем месте ПР подразделяют на напольные, подвесные и встроенные.

По виду системы координат, в которой перемещаются манипуляторы роботов, ПР подразделяют на группы.

По виду привода ПР подразделяют на:

- роботы с электромеханическими приводами;

- роботы с гидравлическими приводами;

- роботы с пневматическими приводами;

- роботы с комбинированными приводами

(электропневматическими, пневмогидравлическими и др.).

Наиболее распространены пневматические и гидравлические приводы.

Вид управления является одной из основных характеристик промышленного робота. По виду управления ПР подразделяют на 3 основные группы: ПР с цикловым управлением; ПР с позиционными управлением и ПР с контурным управлением.

Цикловое программное управление ПР осуществляется путем установки путевых механических упоров, располагаемых в крайних положениях подвижных элементов, также могут применяться выдвигные промежуточные упоры. Точки позиционирования задаются при помощи устройств релейного типа и (или) время задающих элементов. При цикловом управлении порядок работы подвижных элементов устанавливается шаговым программным устройством. Преимущество цикловых систем заключается в их простоте и надежности, а недостатки - в малой универсальности и невозможности выполнения операций со сложными траекториями перемещения манипуляторов.

Позиционное программное управление ПР предусматривает движение рабочего органа ПР по заданным точкам позиционирования без контроля траектории движения между ними. При программировании задается набор точек рабочей зоны, через которые должны пройти звенья манипулятора, возможно от нескольких десятков до нескольких сотен программируемых точек по каждой степени подвижности. Наиболее перспективны числовые позиционные системы управления ПР, имеющие большую универсальность и возможность стыковки с системами ЧПУ станков и управляющими компьютерами. Основной недостаток позиционных систем - нерегулируемость траектории между заданными точками.

Контурное программное управление ПР обеспечивает движение рабочего органа ПР по заданной траектории с различной по времени скоростью. Перемещение манипуляторов осуществляется по непрерывным траекториям. Наиболее перспективны числовые

контурные системы управления (также как и цифровые позиционные).

Групповое управление несколькими промышленными роботами осуществляется с помощью общего устройства управления или нескольких устройств, организованных по иерархической структуре, при этом производится координация управляющих программ ПР (роботизированные технологические сварочные комплексы, комплекс окрасочных роботов и др.).

Программирование промышленного робота представляет собой процесс составления, ввода и отладки управляющей программы. Управляющая программа ПР представляет собой совокупность команд, определяющая заданное функционирование ПР и его взаимодействие с обслуживаемым технологическим оборудованием.

По способу программирования ПР подразделяются на:

- роботы программируемые обучением;
- роботы программируемые аналитически;
- роботы программируемые самообучением.

Для цикловых систем управления ПР программирование обучением предусматривает задание программы вручную на всех этапах программирования (формирование программы, преобразование информации, ввод информации в устройство управления, установка упоров и др.).

При аналитическом программировании и полуавтоматическом обучении ПР человек-оператор обеспечивает составление программы на основе расчета и преобразование информации в цифровую форму, а обучение происходит или при однократном выполнении роботом требуемых действий с помощью оператора через пульт управления, или при механическом перемещении манипуляторов непосредственно рукой оператора. При автоматическом аналитическом программировании все этапы программирования осуществляется устройством управления с применением компьютера. Функции оператора в этом случае сводятся к составлению укрупненной программы, вводу исходных данных и проведению диалога с роботом.

Программирование самообучением применимо для ПР с адаптивным управлением, т.е. снабженных измерительными устройствами для восприятия внешней среды. Данные «очувствленные» роботы формируют в реальном времени программы

движения исполнительных устройств, на основании информации, получаемой от сенсорных датчиков собирающих данные о текущем состоянии внешней среды, при этом возможно автоматическое изменение и приспособление управляющей программы к изменяющимся условиям технологического процесса (например, обхода нерегулярно появляющихся препятствий, самоориентацией захватного устройства при взаимодействии с неориентированным предметом и ДР.

Основные технические характеристики промышленных роботов

Промышленные роботы общего исполнения характеризуются количеством исполнительных устройств (манипуляторов), типом манипуляторов, грузоподъемностью, количеством степеней подвижности и системой координат. Подвижность ПР характеризуется ходом манипуляторов, быстродействием, точностью позиционирования. Управление промышленным роботом различается по типу, методу программирования, объему памяти и количеству технологических команд.

К базовым характеристикам большинства промышленных роботов относятся:

- выполняемая функция;
- номинальная грузоподъемность;
- рабочее пространство;
- рабочая зона;
- зона обслуживания;
- ход манипуляторов;
- число степеней подвижности;
- скорость перемещения по степени подвижности (быстродействие);
- точность позиционирования;
- погрешность позиционирования рабочего органа;
- погрешность отработки траектории рабочего органа.

Выполняемая функция ПР – основная область применения ПР (для технологических ПР – технологические операции и переходы выполняемые ПР; для вспомогательных ПР – группа и модель оборудования, для работы с которыми предназначен ПР),

Номинальная грузоподъемность ПР – это наибольшее значение массы предметов производства или технологической оснастки (включая массу захватного устройства), при которой гарантируется их захватывание, удержание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик ПР.

Рабочее пространство ПР – это пространство, в котором может находиться исполнительное устройство ПР при его функционировании. Рабочее пространство определяется без учета габаритов захватываемого предмета производства или технологической оснастки.

Рабочая зона ПР – это пространство, в котором может находиться рабочий орган ПР при его функционировании. Рабочая зона характеризуется формой (определяемой системой координат манипулятора) и размерами (определяемыми максимальными перемещениями по степеням подвижности).

Зона обслуживания ПР - это пространство, в котором рабочий орган ПР выполняет свои функции в соответствии с назначением робота и установленными значениями его характеристик.

Ход манипуляторов ПР – определяет величину зоны обслуживания. Малый ход манипуляторов (до 300 мм) имеют в основном сверхлегкие и легкие роботы, средний ход (до 1000 мм) имеют роботы различной грузоподъемности, большой ход (свыше 1000 мм) имеют обычно универсальные роботы средней и большой грузоподъемности со сферической системой координат.

Скорость перемещения по степени подвижности (быстродействие) ПР – определяется скоростью перемещения манипулятора: малое быстродействие – скорость до 0,5 м/с (обычно гидравлические большой грузоподъемности); среднее быстродействие – скорость до 1,0 м/с (обычно роботы средней грузоподъемности) и большое быстродействие – скорость выше 1,0 м/с.

Точность позиционирования ПР – определяет точность выхода рабочего органа манипулятора в заданную точку (погрешность позиционирования рабочего органа) и точность воспроизведения траектории (погрешность отработки траектории рабочего органа).

Точность позиционирования, как правило, тем выше, чем меньше скорость перемещения. Различают ПР с малой точностью

(погрешность более 1,0 мм); со средней точностью (погрешность 0,1–1,0 мм) и с высокой точностью (погрешность менее 0,1 мм) позиционирования. Для обслуживания универсального технологического оборудования обычно требуется средняя точность позиционирования.

Погрешность позиционирования рабочего органа ПР – это отклонение положения рабочего органа ПР от заданного управляющей программой.

Погрешность отработки траектории рабочего органа ПР – это отклонение траектории рабочего органа ПР от заданной управляющей программой.

Краткое описание схемы работы и конструкции робота МП-9С

Промышленный робот МП-9С относится к пневматическим и предназначен для автоматизации вспомогательных операций установки и снятия деталей на технологическом оборудовании.

На рис. 2.1 представлена схема робота МП-9С.

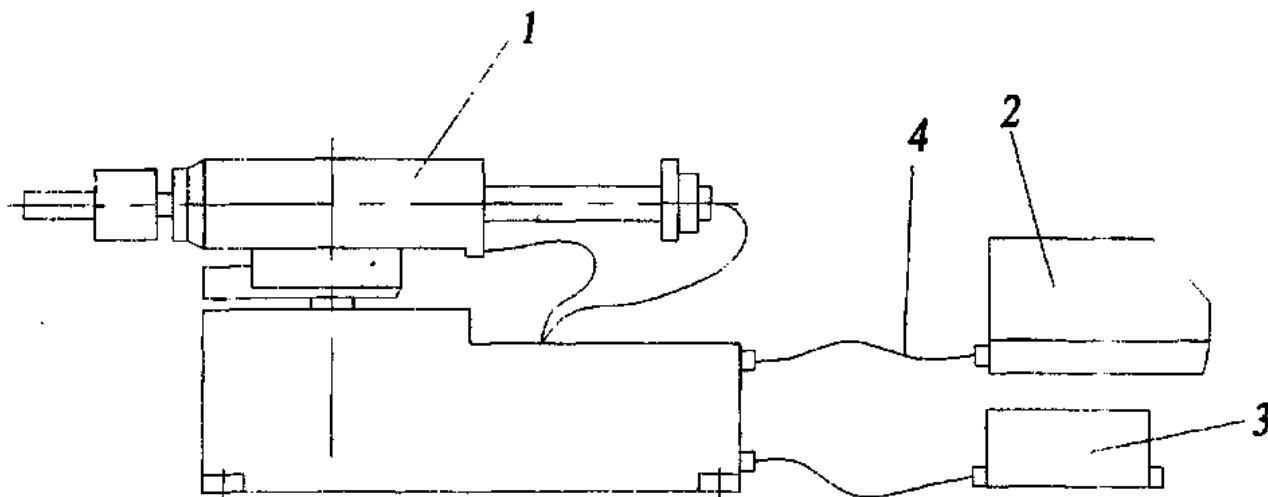


Рис. 2.1. Схема промышленного робота МП-9С:

- 1 – манипулятор Т74.030.007; 2 – электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ-6030 Т72.556.013; 3 – узел подготовки воздуха Т75.886.004;
4 – соединительные кабели

Промышленный робот МП-9С является напольным, имеет два поступательных и одно вращательное движение, работает в цилиндрической системе координат. Спецификой циклового

манипулятора является то, что он может находиться в конечном числе состояний. Манипулятор робота МП-9С (кинематическая схема которого приведена на рис. 2.2 представляет собой механизм с тремя степенями подвижности, каждая из которых перемещается с помощью двух пневмоприводов и имеет по две точки позиционирования.

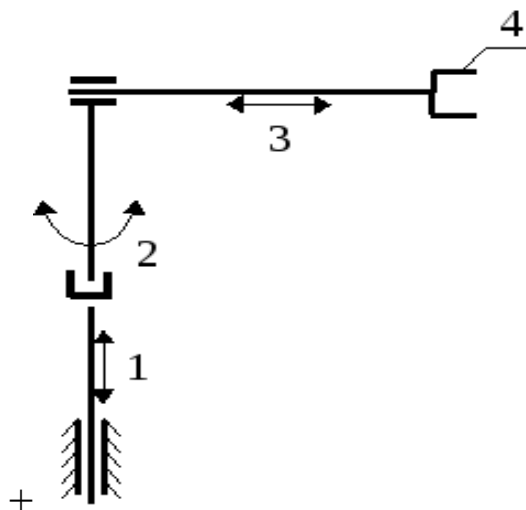


Рис. 2.2. Кинематическая схема манипулятора:
1, 2, 3 – степени подвижности; 4 – хват

Манипулятор состоит из основания, руки и захватного устройства. В основании манипулятора размещены механизмы подъема и поворота руки и пневмоаппаратура. В конструкцию руки входят приводы выдвигания руки и захвата. Все приводы, промышленного робота (ПР) являются пневматическими и управляются пневмораспределителями. Схема привода приведена рис. 2.3.

В работе МП-9С используются пневмораспределители клапанного типа с электроуправлением. Каждое движение исполнительного, устройства в работе осуществляется автономным электроклапаном. В качестве привода используются цилиндры с прямолинейным движением поршня; одно- или двухстороннего действия (рис. 2.3). Регулировка скорости выходного звена привода осуществляется путем изменения расхода сжатого воздуха дросселем.

Сигнал о завершении движения поступает с электромагнитных контактов (КЭМ). Срабатывание контактов происходит при приближении к ним постоянных магнитов, установленных на подвижных частях пневмоприводов Торможение привода, при

подходе к конечному положению, осуществляется гидравлическими демпферами при выдвигания и повороте за счет дросселирования сжатого воздуха.

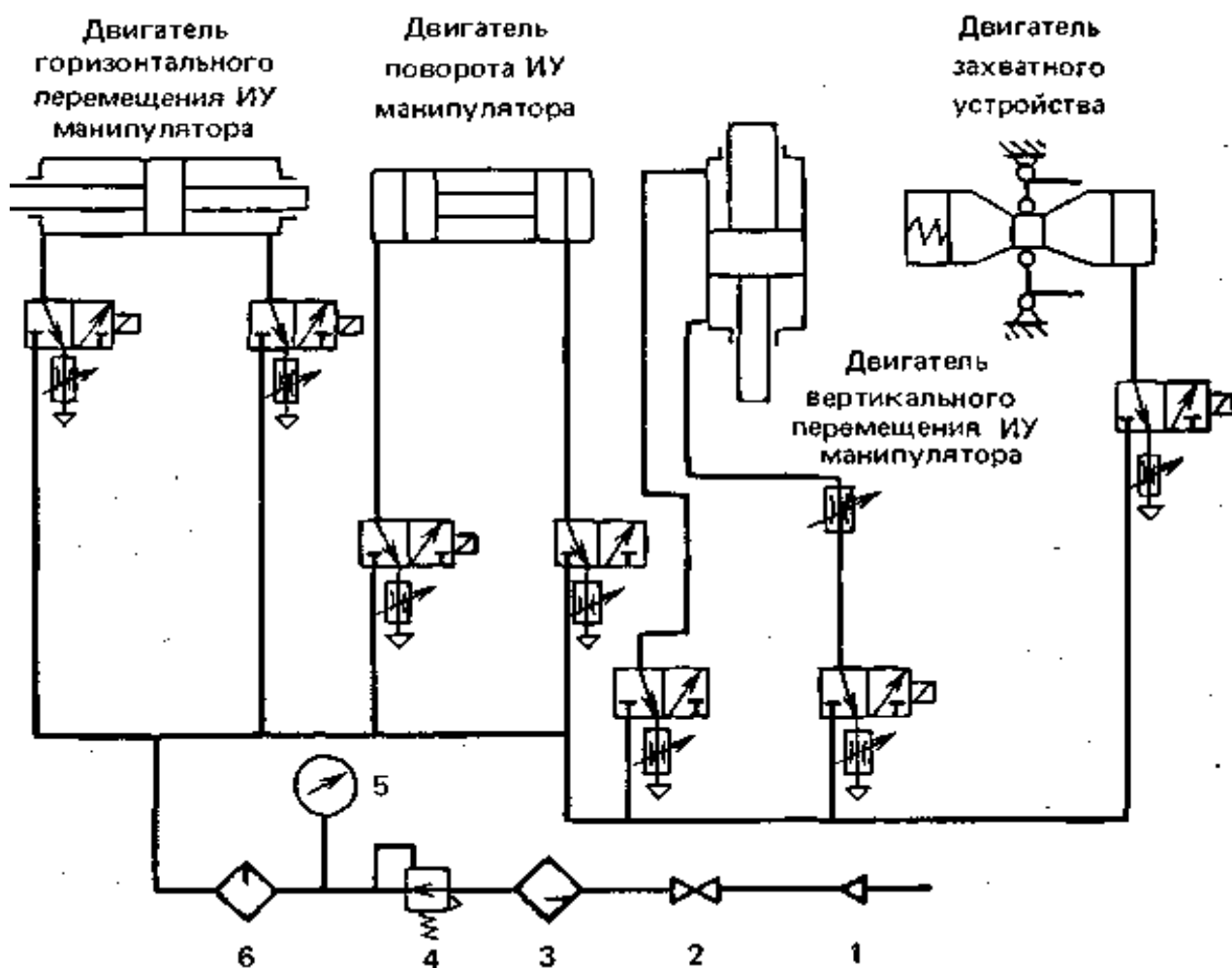


Рис. 2.3. Пневматическая схема привода

Механизм подъема (рис. 2.4) состоит из корпуса 4, штока 2, крышек 6, 7, 10. Рабочие полости цилиндра герметизируются манжетами 5, 9 и прокладками.

Особенностью механизма подъема является выполнение конструкции в виде неподвижного штока и подвижного корпуса цилиндра. Для улучшения динамики работы при подъеме и опускании поршень имеет различные рабочие площади.

Внутри штока на подшипниках 8 установлен вал 1 механизма поворота.

Достижение заданного хода вертикального движения выполняется регулировкой механических упоров, которые

установлены на неподвижной направляющей в корпусе манипулятора. На этих же упорах установлены КЭМы вертикального перемещения, на подвижном корпусе – соответствующие им постоянные магниты. Конструкция крепления КЭМов позволяет производить их точную регулировку для обеспечения надежного срабатывания.

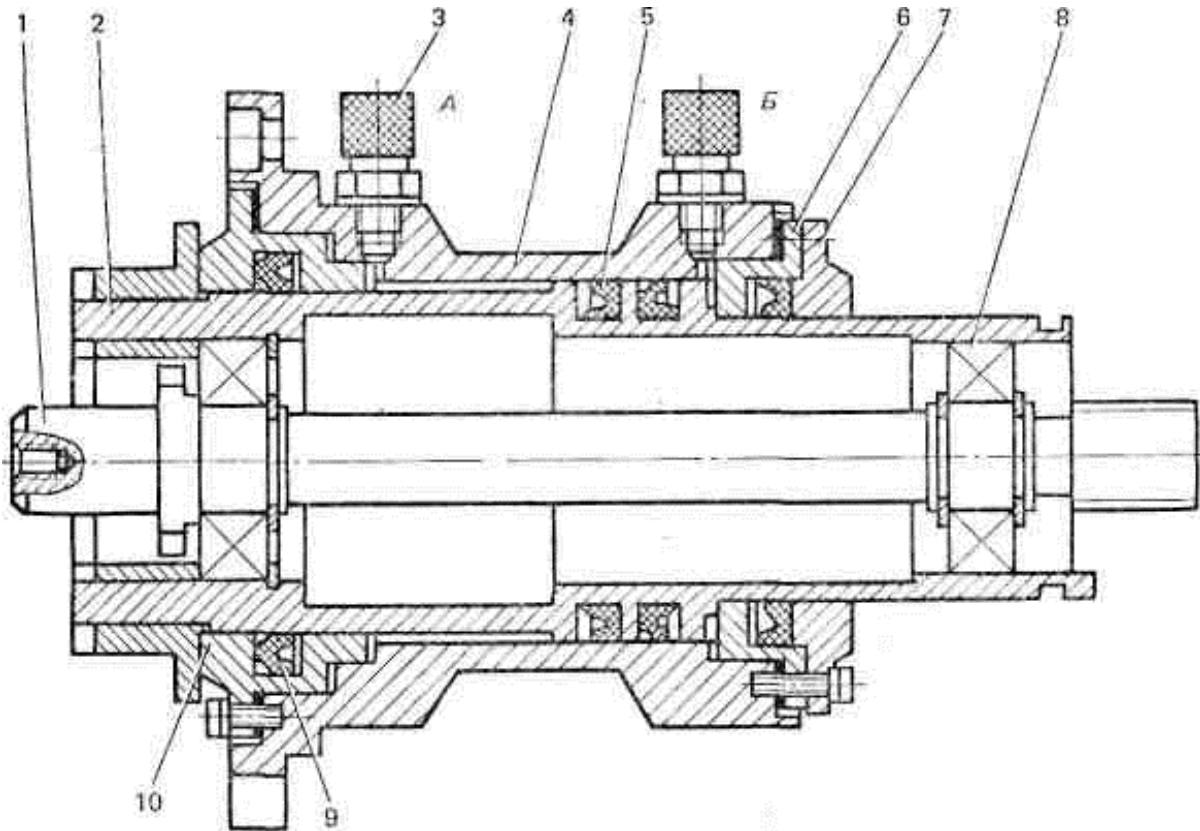


Рис. 2.4. Конструкция механизма подъема

При подаче сжатого воздуха через прямое концевое соединение 3 в полость А или Б корпус цилиндра 4 перемещается.

Механизм поворота (рис. 2.5) состоит из корпуса цилиндра 11, в котором перемещается шток 10. Средняя часть штока выполнена в виде рейки, зубья которой входят в зацепление с валом поворота, установленного в штоке механизма подъема. Шток 10 уплотняется манжетами 9, фланцами 1 с прокладками 2. На штоке 10 закреплена винтом 7 планка 8 с магнитом 6 на корпусе и установлены планки 3 и платы 4 с КЭМами 5.

При подаче воздуха в пневмоцилиндр через отверстия А и Б поступательное движение штока-рейки 10 преобразуется во вращательное движение вала.

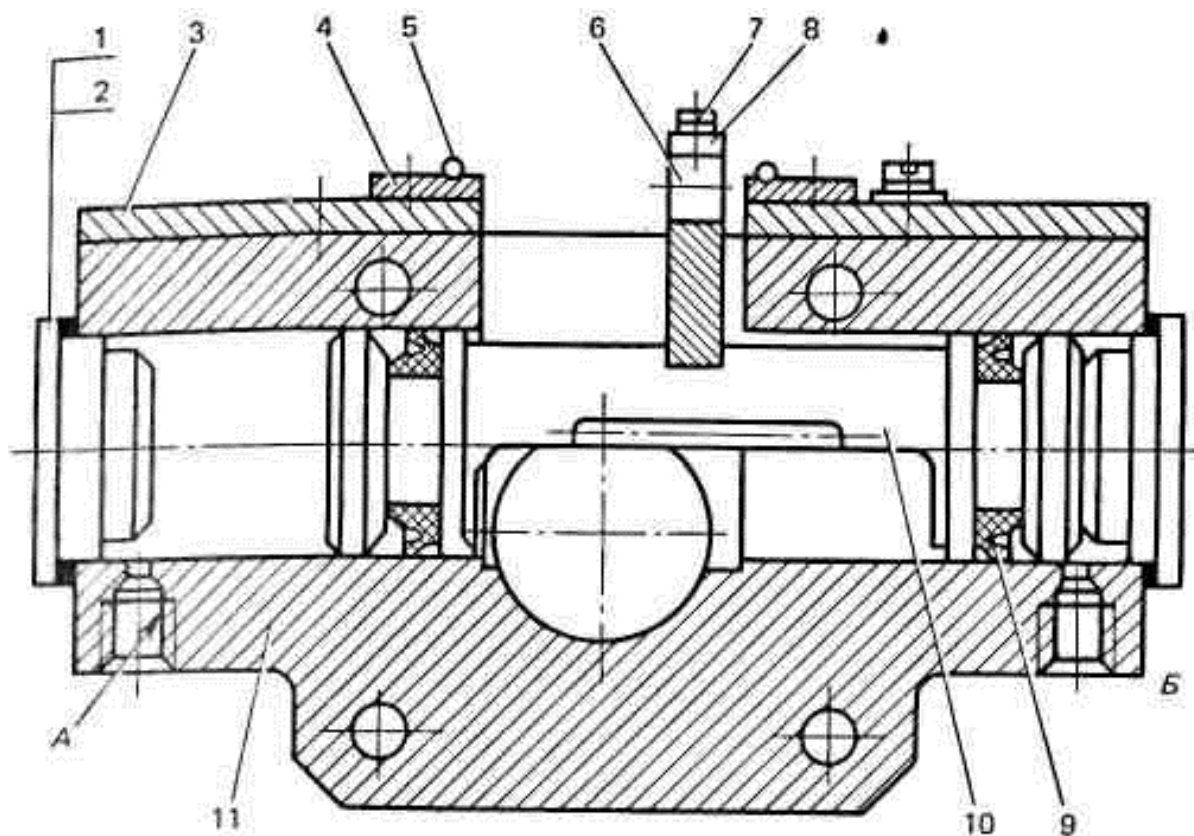


Рис. 2.5. Конструкция механизма поворота

В верхней части вала установлена муфта, предназначенная для соединения исполнительного устройства робота с валом механизма поворота. Муфта имеет упоры 2 (рис. 2.6), которые обеспечивают заданный угол поворота. Регулировка угла поворота выполняется с помощью упоров 4. При осуществлении поворота упор 2 касается выступа 3 гидравлического демпфера и дожимает его до конечного положения. Исполнительное устройство (ИУ) робота (рис. 2.7) обеспечивает выдвижение захватного устройства в рабочую зону.

Конструкция ИУ содержит следующие основные детали: корпус 13, шток с поршнями 10, направляющую 17, основные упоры 8 и 15, регулировочные упоры 7 и 14 с винтом 6, амортизатор 12. В корпусе 13 установлена гильза 2 с уплотнением 3, которая служит корпусом цилиндра исполнительного двигателя ИУ. В гильзе перемещается шток с поршнем 10. Шток уплотняется манжетой 5. Сжатый воздух подводится к прямому концевому соединению 11. Направляющая 17 служит ограничителем вращения штока захватного устройства вокруг оси. Смазка направляющей производится через масленку 16. Под крышкой 1 корпуса установлены КЭМы 4, на упорах 8 и 15 – магниты 9.

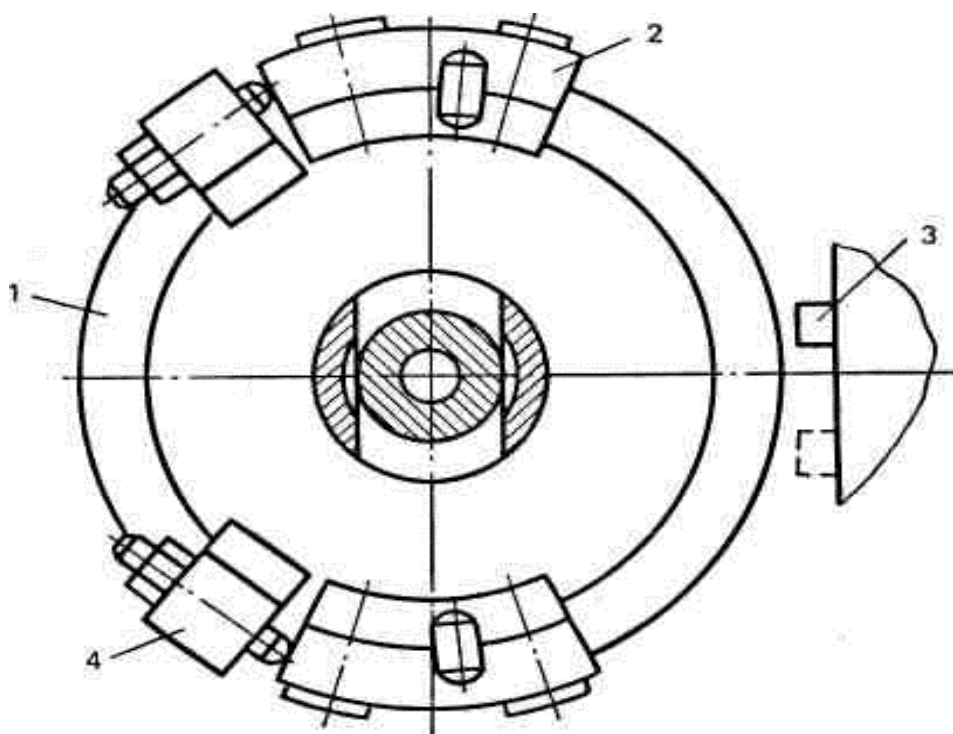


Рис. 2.6. Расположение упоров механизма поворота в муфте

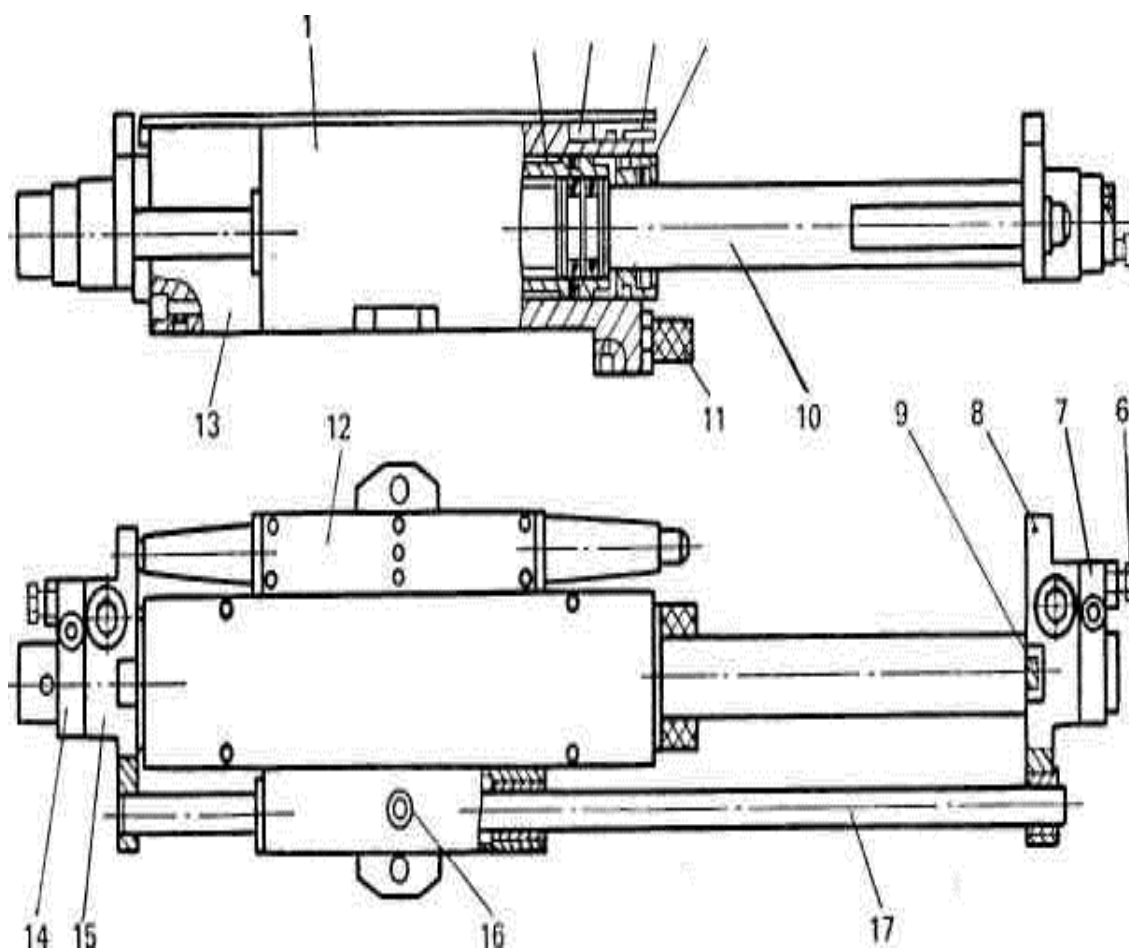


Рис. 2.7. Конструкция исполнительного устройства робота

При подаче сжатого воздуха в соответствующую полость цилиндра шток с направляющей 17 и упорами 7, 8, 14, 15 перемещается. На конечном участке движения упоры 8 или 15 касаются штока амортизатора 12 и перемещают его до конечного положения. Одновременно магнит 9 подходит к КЭМу 4, который срабатывает и выдает сигнал об окончании движения.

Перемещение ИУ регулируется соответствующей установкой упоров 7, 8, 14, 15. С помощью микровинта 6 выполняется точная настройка хода штока. Гидравлические демпферы угла поворота и выдвигания захватного устройства по принципу действия аналогичны: энергия движения механических элементов преобразуется в энергию дросселирования потока жидкости через зазор с переменным проходным сечением.

Гидравлические амортизаторы (демпферы) угла поворота и выдвигания руки по принципу действия аналогичны (рис. 2.8 и 2.9). Энергия движения механических элементов в них преобразуется в энергию дросселирования потока жидкости через зазор с переменным проходным сечением. Исполнительный орган робота при подходе к заданному положению нажимает упором на шток или скобу амортизатора. При этом поршни перемещаются, вытесняя жидкость через дроссель в свободную полость. Первоначальное заполнение полостей амортизатора жидкостью производится из емкости через каналы *a* и *b* (рис. 2.8), которые затем перекрываются поршнем при соответствующем направлении движения.

Привод захватного устройства выполнен в виде цилиндра с прямолинейным движением поршня одностороннего действия. При подаче воздуха в правую полость цилиндра (см. рис. 2.1) поршень движется влево, при этом скосами на внешней стороне поршня действует на рычаги захватного устройства, сжимая его. При снятии давления воздуха обратный ход поршня выполняется под действием возвратной пружины. При этом рычаги захватного устройства разжимаются под действием пружин рычагов. Размах рычагов можно регулировать специально предусмотренными винтами.

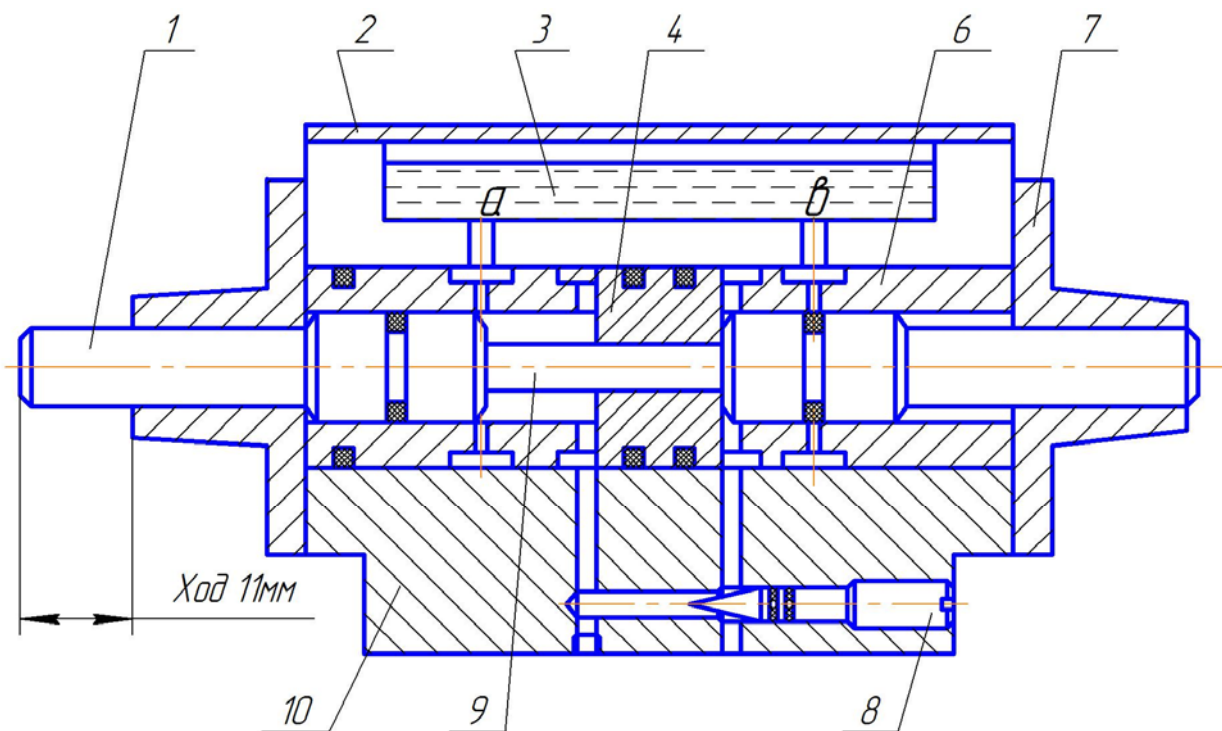


Рис. 2.8. Гидравлический амортизатор угла поворота руки:
 1 – шток, 2 – крышка, 3 – масло (И-20А), 4 – втулка, 5 – уплотнительное кольцо,
 6 – втулка, 7 – фланец, 8 – игла дроссельная, 9 – стержень, 10 – корпус

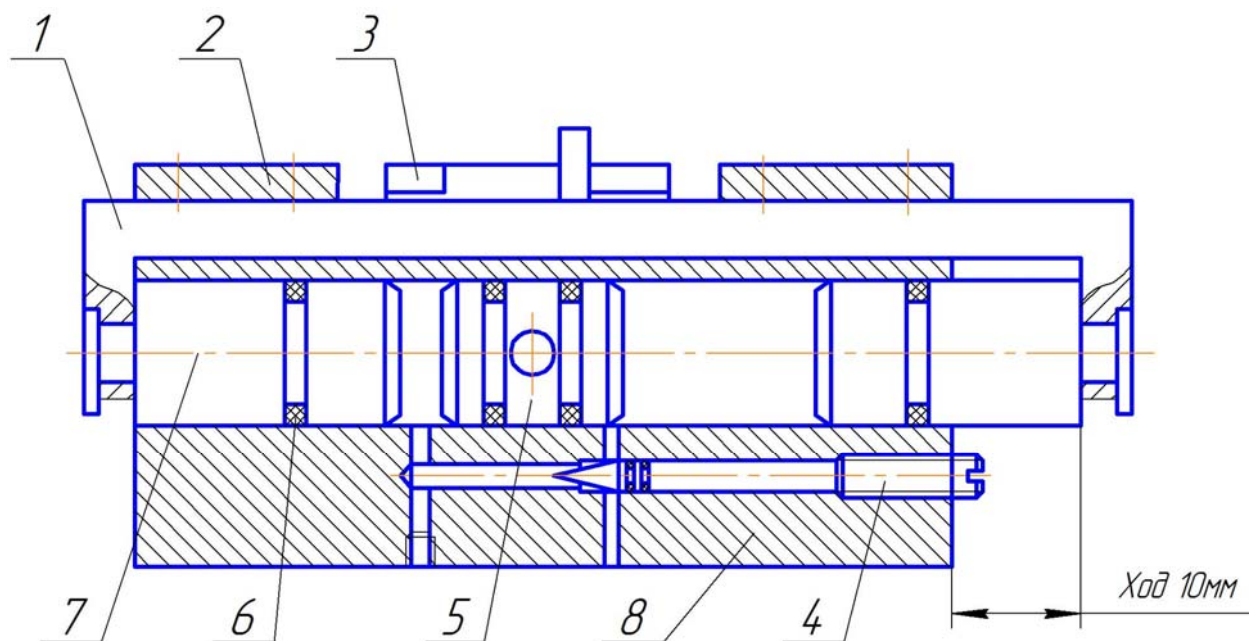


Рис. 2.9. Гидравлический амортизатор выдвижения руки:
 1 – скоба, 2 – пластина, 3 – накладка, 4 – игла дроссельная, 5 – пробка,
 6 – уплотнительное кольцо, 7 – щиток, 8 – корпус

Программное управление манипулятором

В качестве устройства циклового программного управления в работе МП-9С применяется ЭЦПУ-6030 [2, 3], предназначенное для управления манипуляторами с позиционированием по упорам и соответствующим технологическим оборудованием. Техническая характеристика и описание структурной схемы электронного циклового программного устройства ЭЦПУ-6030 приведены в прил. 2.

С пульта управления ЭЦПУ–6030 можно задать один из следующих режимов работы устройства: ручной, команда, цикл, автомат.

В режиме РУЧНОЙ команды на манипулятор задаются с пульта управления и поступают на манипулятор для управления его приводами. Контроль положения исполнительных органов манипулятора осуществляется с помощью табло индикации состояния звеньев манипулятора. В режиме КОМАНДА устройство обеспечивает отработку одного кадра программы, набранной на программоносителе. После отработки команд, заданных в кадре, происходит остановка устройства.

В режиме ЦИКЛ устройство обеспечивает однократную отработку всех кадров программы. В режиме АВТОМАТ устройство обеспечивает многократную отработку рабочего цикла работа.

При нажатии кнопки режима РУЧНОЙ на звено манипулятора выдается команда, мнемоническое изображение которой нанесено на табло, над кнопкой табло при этом загорается. Кнопка ПУСК функционирует только в режимах АВТОМАТ, ЦИКЛ и КОМАНДА. При нажатии на эту кнопку устройство начинает работать по программе, одновременно загорается табло РАБОТА. Кнопка СТОП служит для остановки работающего по программе устройства (питание устройства не выключается). Кнопка СБРОС СЧК (счетчика кадров) используется для предварительной установки счетчика кадров в начальное состояние. Кнопка +СЧК используется для изменения состояния СЧК. Кнопка СЕТЬ предназначена для включения питания.

ПРОГРАММОНОСИТЕЛЬ в ЭЦПУ-6030 выполнен в виде двух наборных полей из многопозиционных переключателей и размещен в верхней части устройства. Каждый кадр программы может содержать

одну или две команды, набираемые за верхнем и нижнем полях программоносителя. Программа составляется по циклограмме работы робота (алгоритму) и разбивается на шаги. Максимальное число шагов программ – 30. В табл. 2.1 приведена система команд устройства ЭЦПУ–6030.

Таблица 2.1

| Группа команд | Номер команды | Название команды | | Код кадра | |
|---------------|---------------|------------------------------|---|--------------|-------------|
| | | | | Верхнее поле | Нижнее поле |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | 1 | Выдвижение руки |  | 1 | |
| | 2 | Втягивание руки |  | 2 | |
| | 3 | Поворот руки вправо |  | 3 | |
| | 4 | Поворот руки влево |  | 4 | |
| | 5 | Подъем руки |  | | 1 |
| | 6 | Опускание руки |  | | 2 |
| | 7 | Захватное устройство закрыто |  | | 6 |
| | 8 | Захватное устройство открыто |  | | 5 |
| | 9 | Технологическая команда 1 | | 9 | 1 |
| | 10 | Технологическая команда 2 | | 9 | 2 |
| | 11 | Технологическая команда 3 | | 9 | 3 |
| | 12 | Технологическая команда 4 | | 9 | 4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|----|---------------------------|---|---|---|
| | 13 | Технологическая команда 5 | | 9 | 5 |
| | 14 | Технологическая команда 6 | | 9 | 6 |
| | 15 | Опрос 1 | | 7 | |
| | 16 | Опрос 2 | | 8 | |
| | 17 | Опрос 3 | | | 7 |
| | 18 | Опрос 4 | | | 8 |
| | 19 | Выдержка времени | | | 9 |
| | 20 | Пропуск | | 9 | 7 |
| | 21 | Переход | | 9 | 8 |
| | 22 | Останов | | 9 | 9 |
| | 23 | Конец программы | | 0 | 0 |

Наличие верхнего и нижнего полей программоносителя позволяет исполнить одну или две команды. Кадр* состоит из одной команды, если на верхнем или нижнем поле вместо знака устанавливается цифра 0. Кадр совместной обработки формируется из двух команд, набираемых в одном шаге на верхнем и нижнем полях. Система команд устройства разбита на 4 группы. В первую группу входят команды управления приводами манипулятора. Во вторую группу входят команды управления технологическим оборудованием. В кадре программы может быть набрана только одна технологическая команда.

В третью группу входят команды опроса датчиков и команда выдержка времени. Команды опроса могут быть использованы для проверки блокировочных сигналов со специальных датчиков, расположенных на манипуляторе или технологическом оборудовании, например, для проверки наличия детали в захвате манипулятора или для проверки состояния прессы. Команда **ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ** служит для введения задержки между шагами программы. С ее помощью может быть реализован и режим

* Кадр – группа команд

совместной отработки команд, в котором одна команда начинает отработываться спустя заданное время (в зависимости от того, сколько раз был набран код 09) после начала другой.

В четвертую команду входят команды управления. Команда ПРОПУСК служит для организации пропуска одного кадра программы при выполнении внешнего условия. В случае, если не приходит сигнал датчика, установленного на внешнем оборудовании, устройство переходит к выполнению кадра, записанного на $(i + 1)$ -м шаге (на i -м шаге – ПРОПУСК). Если внешнее условие выполняется, т.е. присутствует сигнал – 24В, то пропуск кадра не происходит.

Команда ПЕРЕХОД служат для организации условного перехода к фиксированному номеру шага (шаг 20) с произвольного места программы. Условный переход выполняется при отсутствии на входе устройства – 24В.

Команда ОСТАНОВ служит для остановки устройства, работающего по программе.

Команда КОНЕЦ ПРОГРАММЫ служит для зацикливания программы работы робота. При выполнении этой команды счетчик кадров сбрасывается в исходное нулевое состояние, после чего исполнение набранной программы повторяется.

Отладка программы производится последовательно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ и АВТОМАТ. Перед началом отладки необходимо звенья манипулятора вывести в исходное положение в режиме РУЧНОЙ. В режиме КОМАНДА, устанавливая, счетчик в нулевое положение кнопкой СБРОС СЧК и нажимая последовательно на кнопку ПУСК, отработать всю программу. Затем программу проверить в режимах ЦИКЛ и АВТОМАТ.

2.3. Порядок выполнения работы

1. Внешне осмотреть робот МП-9С. Усвоить направление перемещения всех звеньев манипулятора, и определить размеры его рабочей зоны.

2. Изучить принцип работы и конструкцию приводов, используя описание и реальную конструкцию. При изучении конструкции необходимо снять кожух и боковые крышки манипулятора. Определить места установки основных узлов манипулятора.

Обратить внимание на конструкцию дросселей и способ их регулировки, расположение амортизаторов механизмов подъема и выдвижения ИУ (руки). При отсутствии подачи воздуха в пневмосхему (вентиль 2 закрыт, рис. 2.3) оценить ручную подвижность ИУ робота при выдвижении, подъеме и повороте, усилие страгивания из начального положения.

3. Изучить принцип работы устройства ЭЦПУ-6030.

4. Осмотреть пульт управления. Определить функциональное назначение каждой клавиши и изображение табло пульта управления.

5. Изучить последовательность управления роботом во всех режимах работы устройства ЭЦПУ-6030.

6. Составить алгоритм функционирования робота МП-9С, работающего в составе роботизированного комплекса.

Алгоритм составляется на основе схемы движения манипулятора при обслуживании технологического оборудования. Робот может осуществлять захват детали из загрузочного устройства или с транспортера, переносить ее в зону обработки технологического оборудования и после обработки переносить в разгрузочное устройство или на транспортер.

Возможные варианты построения роботизированных комплексов с цикловым промышленным роботом приведена в табл. 2.2. Аббревиатурными обозначениями ПЗ, ПО, ПР определены соответственно позиции загрузки, обработки и разгрузки деталей в роботизированном комплексе. Обозначение ТР определяет позицию взятия или установки детали на транспортере. Указанные позиции находятся на загрузочном устройстве (ПЗ), разгрузочном устройстве (ПР), технологическом оборудовании (ПО) и транспортере (ТР).

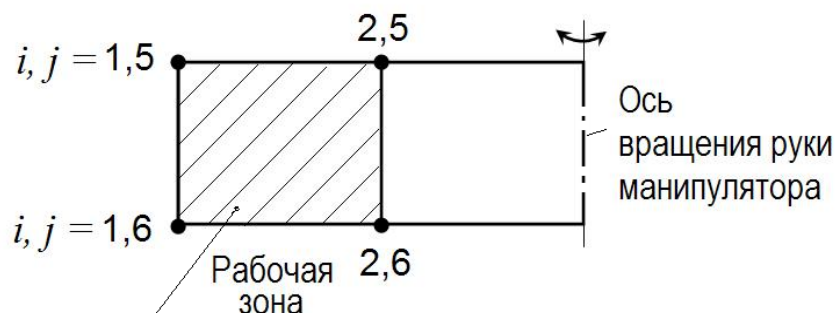
Варианты построения комплексов составлены исходя из возможного расположения позиций загрузки, обработки и разгрузки в различных точках рабочей зоны робота при горизонтальном, вертикальном и угловом перемещении его руки. На рис. 2.7 показано вертикальное сечение рабочей зоны манипулятора.

Таблица 2.2

| Тип роботизированного комплекса | № варианта | Аббревиатурное обозначение комплекса | Схема роботизированного комплекса |
|---|------------|--------------------------------------|--|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| Комплекс с роботом только для установки или взятия деталей с применением загрузочных и разгрузочных устройств | 1 | $ПЗ_{ij} - ПО_{ij}$ | <p>1) Робот (P) Загрузочное устройство (ЗУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> <p>2) Разгрузочное устройство (РУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> |
| | 2 | $ПО_{ij} - ПР_{ij}$ | |
| Комплекс с роботом для установки и взятия деталей с применением загрузочных и разгрузочных устройств | 3 | $(ПЗ_{ij} - ПО_{ij}) - ПР_{ij}$ | <p>3) Технологическое оборудование (ТО) Загрузочное устройство (ЗУ) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ)</p> <p>4) Технологическое оборудование (ТО) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ)</p> <p>5) Загрузочное устройство (ЗУ) Технологическое оборудование (ТО) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ)</p> |
| | 4 | $ПЗ_{ij} - (ПО_{ij} - ПР_{ij})$ | |
| | 5 | $(ПЗ_{ij} - ПР_{ij}) - ПО_{ij}$ | |
| Комплекс с роботом для установки и взятия деталей загрузочных и разгрузочных устройств и транспортеров | 6 | $(ПЗ_{ij} - ПО_{ij}) - ТР_{ij}$ | <p>6) Транспортер (ТР) Загрузочное устройство (ЗУ) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> <p>7) Загрузочное устройство (ЗУ) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> <p>8) Транспортер (ТР) Загрузочное устройство (ЗУ) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> <p>9) Транспортер (ТР) Загрузочное устройство (ЗУ) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> <p>10) Транспортер (ТР) Загрузочное устройство (ЗУ) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> <p>11) Транспортер (ТР) Загрузочное устройство (ЗУ) Робот (P) Разгрузочное устройство (РУ) Технологическое оборудование (ТО)</p> |
| | 7 | $ПЗ_{ij} - (ПО_{ij} - ТР_{ij})$ | |
| | 8 | $(ПЗ_{ij} - ТР_{ij}) - ПО_{ij}$ | |
| | 9 | $(ТР_{ij} - ПО_{ij}) - ПР_{ij}$ | |
| | 10 | $ТР_{ij} - (ПО_{ij} - ПР_{ij})$ | |
| | 11 | $(ТР_{ij} - ПР_{ij}) - ПО_{ij}$ | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|----|--|---|
| Комплекс с роботом только для установки или взятия деталей с применением транспортеров | 12 | ТР _{ij} – ПО _{ij} | |
| | 13 | ПО _{ij} – ТР _{ij} | |
| Комплекс с роботом для установки и взятия деталей с применением сквозного транспортера | 14 | ТР _{ij} · ПО _{ij} – ТР _{ij} | |

Примечание: 1. $i=1; 2$ – позиция руки при выдвигании-втягивании;
 $j=5; 6$ – позиции руки при подъеме и опускании;
2. позиции руки, указанные в скобках, находятся в одной вертикальной плоскости (в одном угловом положении манипулятора).



Крайние точки рабочей зоны в вертикальной плоскости обозначены в соответствии с номерами команд в табл. 2.3. Обозначение, например, «ПЗ16» следует читать: позиция загрузки находится в нижней крайней точке рабочей зоны, т.е. захват детали производится при выдвинутой и опущенной руке.

Алгоритм функционирования комплекса с роботом МП-9С составляется для заданных преподавателем значений: номера варианта комплекса (табл. 2.2) и параметров i, j . При этом преподаватель может также задать ограничения на траекторию движения руки робота, связанные С ВОЗМОЖНЫМИ препятствиями

и особенностями детали при ее установке и взятии. Алгоритм записывается в форме, показанной в табл. 2.3.

Таблица 2.3

| Номер шага | Код кадра | Наименование команд в кадре |
|------------|-----------|--------------------------------|
| 0 | 11 | Выдвижение руки |
| 1 | 05 | Открытие захватного устройства |
| 2 | 97 | Пропуск |

7. Подготовить работа к работе, для чего:

- проверить наличие масла в емкостях амортизаторов механизмов поворота и выдвижения захватного устройства. Добавить масло в случае необходимости;
- проверить наличие смазки для направляющей ИУ в соответствующей полости корпуса ИУ;
- проверить смазку трущихся поверхностей механизмов манипулятора;
- установить упоры поворота и выдвижения в крайнее положение, обеспечивающее максимальный ход движения;
- проверить, закрыт ли запорный вентиль 2 (см. рис. 2.3);
- установить зоны безопасности при работе для каждого движения: подъема, поворота, выдвижения;
- проверить настройку КЭМов по каждой степени подвижности, для чего вручную выполнить прямой и обратный ходы. При надежном срабатывании контактов на пульте управления должно засветиться табло о выполнении команды;
- проверить готовность блока подготовки воздуха, т.е. наличие необходимого количества масла в маслораспылителе, отсутствие влаги во влагоотделителе;
- открыть запорный вентиль 2 (см. рис.2.3);
- установить с помощью редукционного клапана давление питания пневмосистемы сжатым воздухом 0,4 МПа (4 кг/см²), контроль за величиной давления производить по манометру 5 (см. рис. 2.3);
- включить электропитание, нажав кнопку СЕТЬ. На пульте загорается лампочка СЕТЬ;
- поставить кнопочный переключатель режимов в положение РУЧНОЙ;

- в режиме РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ проверить работу манипулятора по каждой степени подвижности, произведя 5–6 повторений на каждом движении. При этом дроссели регулирования скорости (на выходе из пневмораспределителей) должны быть максимально открыты, каждое движение должно выполняться без сбоев и затираций;
- проверить эффективность торможения ИУ манипулятора при повороте и выдвигении, не допускать резких ударов ИУ манипулятора по упорам.

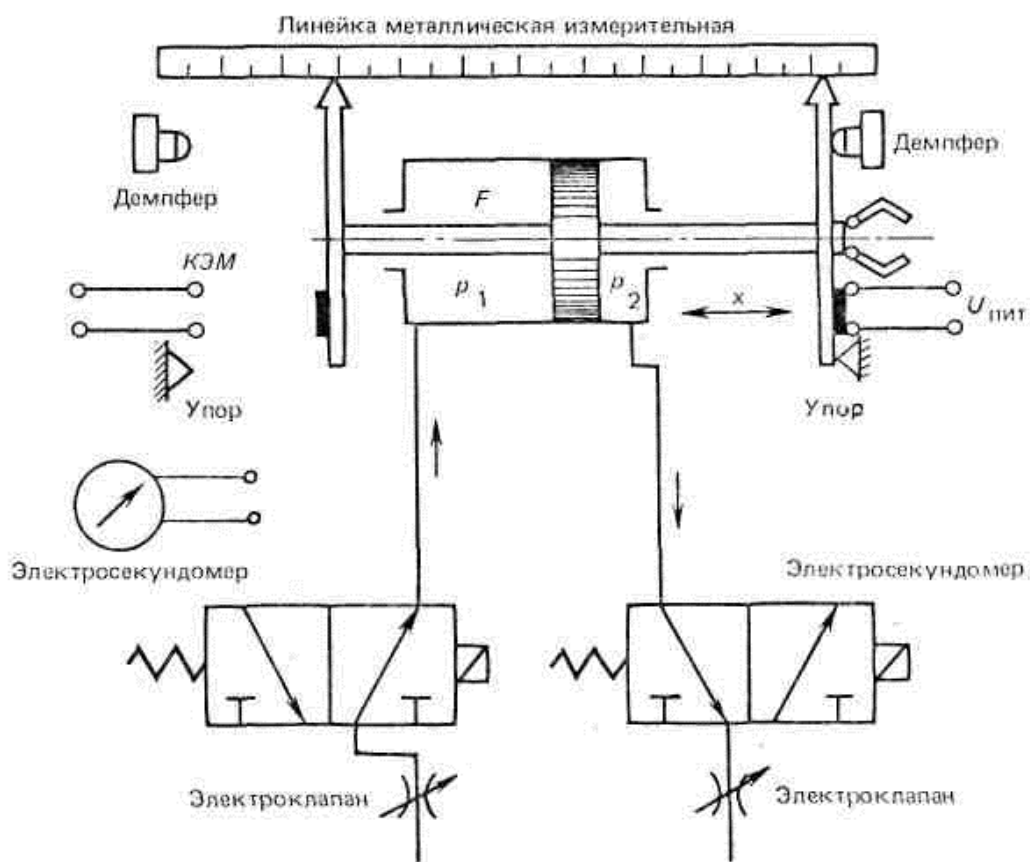


Рис. 2.10. Принципиальная схема измерений характеристик привода

При необходимости произвести регулировку дроссельной иглы демпфера.

8. В режиме РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ реализовать команды выдвигения, поворота и подъема ИУ. Определить время прямого и обратного перемещений для каждой степени подвижности. Время измерить с помощью секундомера. Схема измерений представлена на рис. 2.10. Срабатывание секундомера происходит при размыкании или замыкании КЭМов соответствующей степени подвижности.

Произвести 5–6-кратное измерение времени перемещения ИУ робота от упора до упора по каждой степени подвижности.

9. Измерить максимальный ход выходного звена привода при каждом движении. Для измерения использовать обычный измерительный инструмент с метрической шкалой, цена деления 1 мм. Точность измерения хода $\pm 0,5$ мм.

10. Вычислить среднюю линейную скорость прямого и обратного ходов при подъеме и выдвигении захватного устройства.

11. Определить точность позиционирования ИУ робота при выдвигении захватного устройства, для чего: – в режиме РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ реализовать команды «Открытие захватного устройства» и «Закрытие захватного устройства», установив при этом в захватном устройстве груз, имеющий держатель для иглы (рис. 2.11);

– выполнить команды «Движение вперед» и «Движение назад». С помощью иглы на координатной бумаге отметить крайнее положение центра груза;

– повторить движения прямого и обратного ходов 10–15 раз;

– определить точность позиционирования δ из соотношения

$$\delta = 0,5(A - d),$$

где A – максимальная зона рассеяния проколов; d – диаметр иглы.

12. Полученный результат сравнить с техническими данными робота.

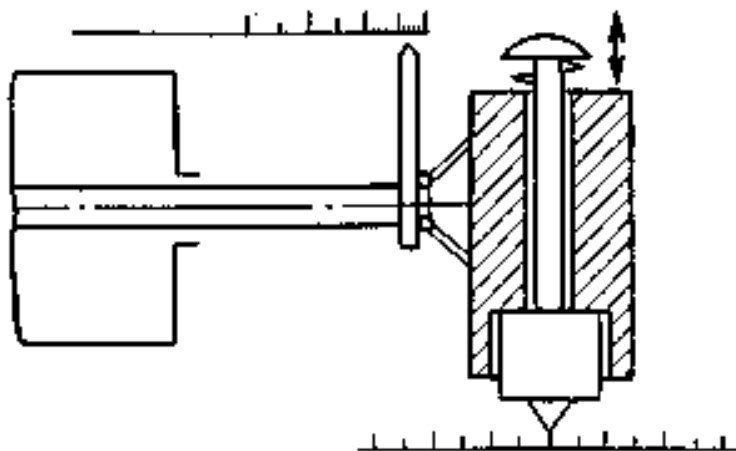


Рис. 2.11. Схема определения точности позиционирования

2.4. Содержание отчета

1. Краткие теоретические сведения
2. Схема, конструкции элементов привода.
3. Условия проведения и объем выполненных работ.
4. Полученные результаты.
5. Анализ результатов и выводы.

2.5. Контрольные вопросы и задания

1. Объяснить принцип действия и конструктивные особенности пневмопривода робота, отдельных механизмов.
2. Объяснить способы торможения исполнительных механизмов по каждой степени подвижности.
3. Объяснить принцип позиционирования в цикловых роботах.
4. Объяснить функциональное назначение следующих команд в системе ЭЦПУ-6030: технологическая команда, выдержки времени, пропуск, переход, останов.
5. Определить функциональные возможности системы ЭЦПУ-6030 в режимах: ручной, команда, цикл, автомат.
6. Что такое работа по путевому принципу?
7. Что такое работа по временному принципу?
8. Объяснить функциональное назначение обратной связи в цикловых системах управления.
9. Объяснить принцип работы блока управления, программносителя, пульта управления, счетчика кадров дешифратора выборки кадров, схемы перехода, узла согласования.
10. В каких технологических процессах допускается применение цикловых роботов.

2.6. Литература

1. Юревич Е. И. Основы робототехники: учеб. пособие. 3-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 359 с.
2. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: учеб. пособие / под ред. И. М. Макарова. В 9 кн. М.: Высшая школа, 1986. Кн.2: Приводы робототехнических систем. –175 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ ОДНОУДАРНОГО ВЫСАДОЧНОГО ПРЕССА-АВТОМАТА А-111

3.1. Цель работы: Изучение конструкции одноударного высадочного пресса-автомата А-111 и построение циклограммы его работы

Задачи:

- изучить кинематическую схему пресса-автомата;
- изучить конструкцию и принцип работы валковой подачи, механической руки (автооператора) и механизма выталкивания;
- составить отчет о проделанной работе.

3.2. Теоретическая часть

Назначение и технические характеристики пресса-автомата

На заводах массового и крупносерийного производства широко применяются холодновысадочные автоматы, предназначенные для изготовления деталей малых и средних размеров из проволоки диаметром до 22–24 мм с длиной стержня до 225 мм с симметричными и эксцентричными головками.

Номенклатура изделий обширна и включает самые разнообразные формы и размеры, начиная от крепежа (заклепок, болтов и т.д.) и кончая специальными фасонными деталями автомобилей, самолетов и др.

Холодная высадка обычно применяется для изготовления изделий большими партиями (не менее 5000 шт.), вследствие высокой производительности оборудования, значительной стоимости инструмента и большого времени на наладку. Прессы-автоматы для холодной высадки делятся на одноударные, двухударные, трехударные.

В данной работе изучаются конструкция и технические характеристики одноударного холодновысадочного автомата типа А-111, который предназначается для высадки за один удар из прутка заклепок, заготовок винтов, шурупов и подобных изделий

с полукруглой головкой, потайной и другими простыми формами головок. На одноударном автомате возможна высадка только тех изделий, у которых длина высаживаемой части составляет не более 2–2,5 диаметров проволоки.

Для высадки применяется калиброванная проволока из меди, алюминия, латуни и стали.

Технические характеристики пресса-автомата А-111

Наименование параметра

Единица измерения

Величина

1. Максимальный размер высаживаемого стержня:

- длина, мм: 50

- диаметр, мм: 6

2. Длина отрезаемой заготовки:

- максимальная, мм: 57

- минимальная, мм: 17

3. Производительность, шт./мин: 225

4. Ход высадочного ползуна, мм: 85

5. Мощность электродвигателя, кВт: 6

6. Частота вращения электродвигателя, мин: 1 970

Краткое описание пресса-автомата

Работа пресса-автомата

Одноударный холодновысадочный автомат (рис. 3.1) состоит из следующих основных механизмов: подачи материала, реза и переноса заготовки, высадочного ползуна, механизма выталкивания изделий. Приводящего в движение кривошипный вал 2, на котором смонтированы шатунный механизм 3 привода ползуна пресса 4, эксцентрик 5 привода механизма подачи, кривошипная шайба 6 привода механизма резки переноса заготовки, кулачковая шайба 7 привода выталкивателя.

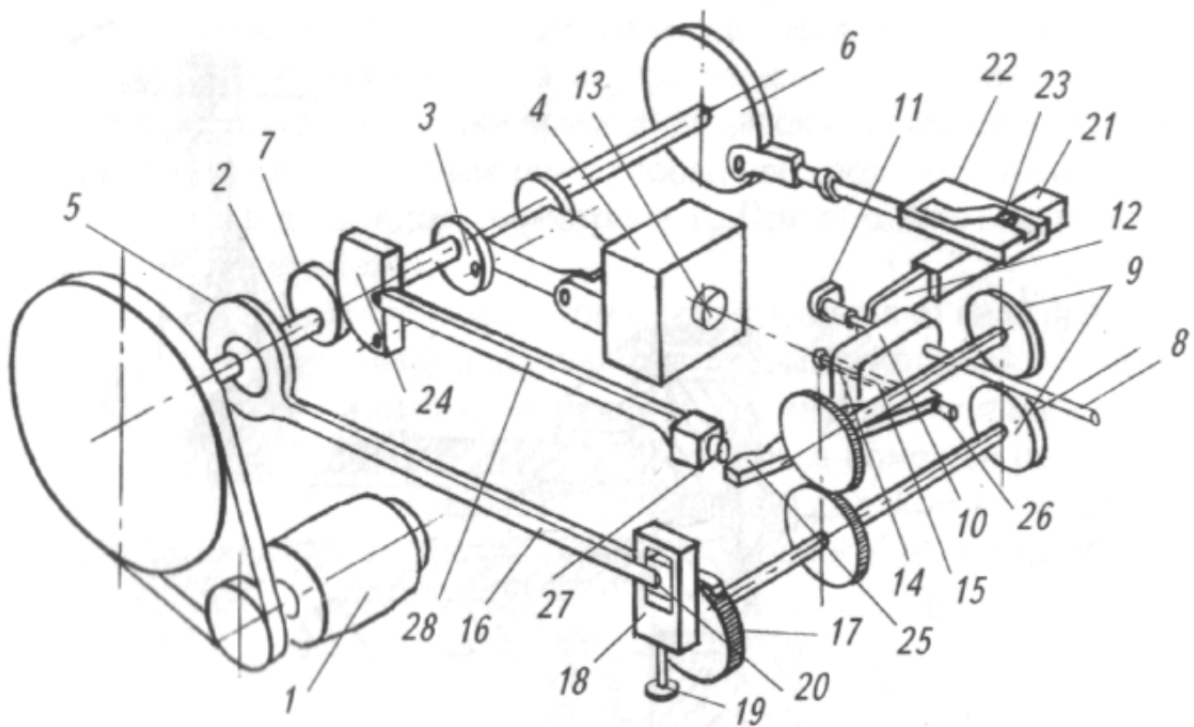


Рис. 3.1. Кинематическая схема пресса-автомата А-111:

1 – электродвигатель; 2 – кривошипный вал; 3 – шатунный механизм; 4 – привод ползуна пресса; 5 – эксцентрик; 6 – кривошипная шайба; 7 – кулачковая шайба; 8 – проволока; 9 – ролики; 10 – матрица; 11 – упор; 12 – нож; 13 – пуансон; 14 – матрица; 15 – толкатель; 16 – шатун; 17 – храповый механизм; 18 – кулисный рычаг; 19 – винт; 20 – кулиса; 21 – шток; 22 – ползун; 23 – ролик; 24 – кулиса; 25 – рычаг; 26 – упорный болт; 27 – кулачковая шайба; 28 – толкатель

В автомате все операции по изготовлению деталей полностью автоматизированы и кинематически связаны между собой. Проволока 8 подается прерывисто вращающимися роликами 9 валковой подачи через матрицу 10 до упора 11, устанавливаемого на требуемую длину заготовки. Ролики подачи получают прерывистое вращение от главного вала пресса 2 через эксцентрик 5, шатун 16 и храповый механизм 17. При этом осуществляется подача заготовки на позицию отрезки. Нож 12 с механическим захватом отрезает заготовку, автооператор переносит ее на позицию высадки и удерживает до тех пор, пока пуансон 13 при своем движении не начнет вталкивать ее в матрицу 14. Нож с захватом отходит в исходное положение, как только заготовка немного зайдет в матрицу. При дальнейшем движении пуансон заталкивает заготовку до регулируемого толкателя 15 и высаживает головку. При движении пуансона назад готовая деталь выбрасывается из матрицы толкателем, и затем цикл повторяется.

Механизм подачи материала

В качестве подающего устройства на прессе используется валковая подача (рис. 3.2).

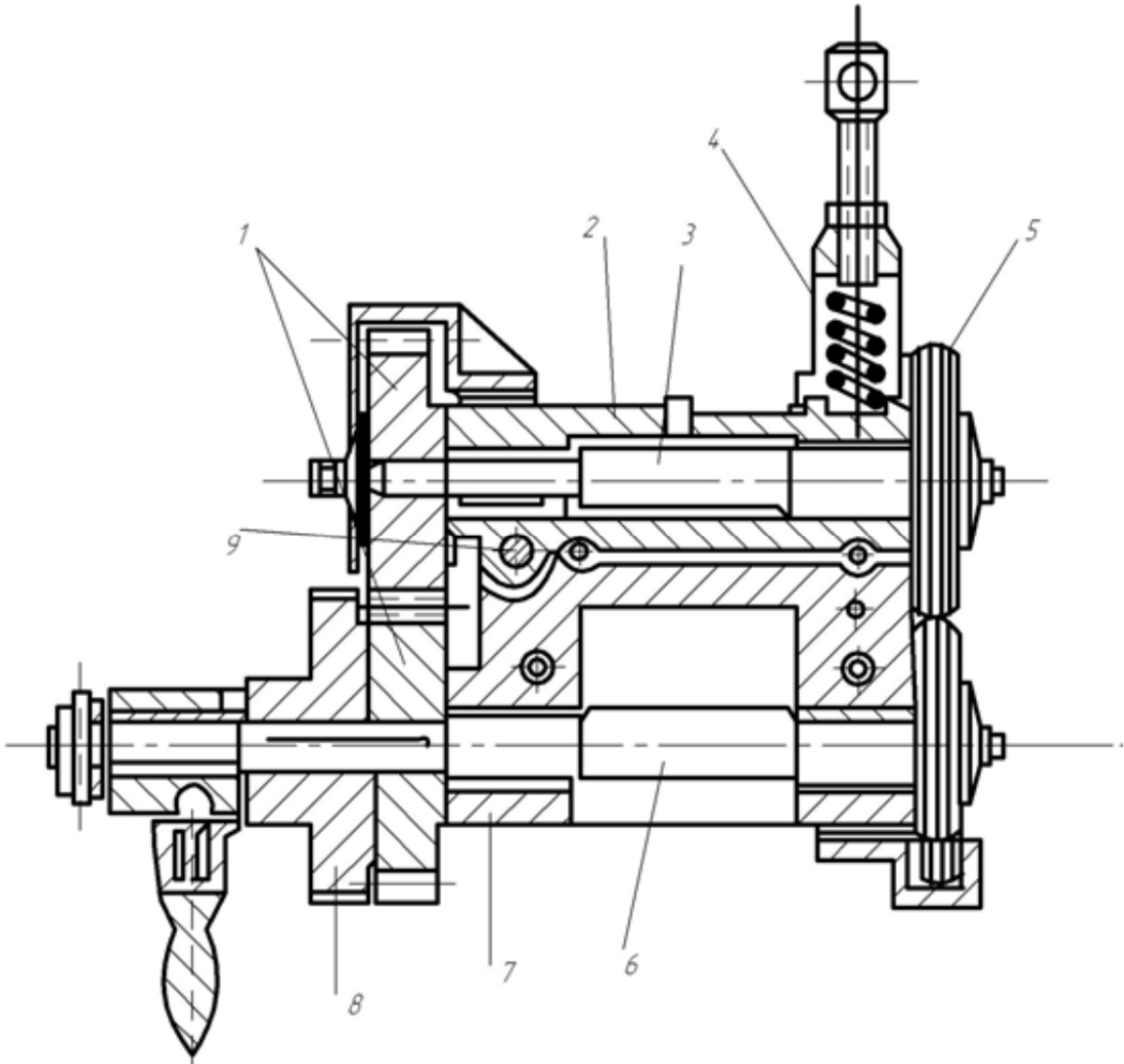


Рис. 3.2. Механизм валковой подачи:

1 – шестерни; 2 – корпус; 3 – ведомый вал; 4 – пружинно-винтовое устройство прижима; 5 – валки подачи; 6 – ведущий вал; 7 – корпус; 8 – храповое колесо

Корпус подачи состоит из двух частей: корпуса 7 нижнего приводного вала 6, на котором закреплено храповое колесо 8 привода подачи, и корпуса 2 ведомого вала 3. На ведущем 6 и ведомом 3 валах насажены валки подачи 5 (ролики с профилированной по диаметру проволоки канавкой) и шестерни 1, обеспечивающие привод ведомого вала. Корпус ведомого вала 2 имеет возможность

поворачиваться вокруг оси 9, закрепленной на корпусе 7, на котором смонтировано также пружинно-винтовое устройство прижима верхнего вала 4. Возможность поворота корпуса 2 обеспечивает постоянство давления верхнего ролика на пруток (постоянство тянущего усилия подачи), независимо от колебания диаметра прутка и выработки желобка, а также облегчает первоначальную заправку прутка.

Привод механизма подачи (рис. 3.1) осуществляется от вала 2 пресса через эксцентрик 5, шатун 16, кулисный рычаг 18 и храповый механизм 17, который преобразует возвратно-поступательное вращение рычага 18 в одностороннее периодическое вращательное движение подающих роликов 9 подачи.

Регулировка шага подачи осуществляется двумя путями:

- 1) грубая регулировка путем поворота эксцентрика, то есть путем изменения радиуса кривошипа привода подачи;
- 2) точная регулировка путем изменения длины рычага 18. Изменение длины рычага осуществляется при помощи перемещения винтом 19 камня кулисы 20.

Механизм реза и переноса заготовки

Проволока, поданная в отрезную матрицу 10 (рис.3.1), отрезается ножом 12, укрепленным на штоке 21, и переносится с помощью механической руки к высадочной матрице 14. Конструкция и принцип действия захватного устройства крючкового типа механической руки поясняется на рис. 3.3.

При подаче заготовки 4 в отверстие ножа 3 установленный на оси крючок 2 за счет скоса на кромке приподнимается и с помощью пружины 1 запирает заготовку в вырезе ножа, после чего нож переносит ее от отрезной матрицы 5 к высадочной матрице 6. При обратном ходе ножа захват освобождает заготовку.

Привод ножа с механическим захватом осуществляется от вала пресса 2 (рис. 3.1) через кривошипно-шатунный механизм 6, который передает возвратно-поступательное движение ползуну 22, имеющему профилированную кулачковую дорожку. В кулачковой дорожке помещен ролик 23, закрепленный на штоке 21. Кулачковая дорожка с роликом преобразуют возвратно-поступательное движение ползуна 22 в перпендикулярное ему направление движения штока 21.

Кулачковая дорожка имеет по краям два прямых участка, на протяжении которых ножевой шток стоит на месте (на линии подачи и линии высадки).

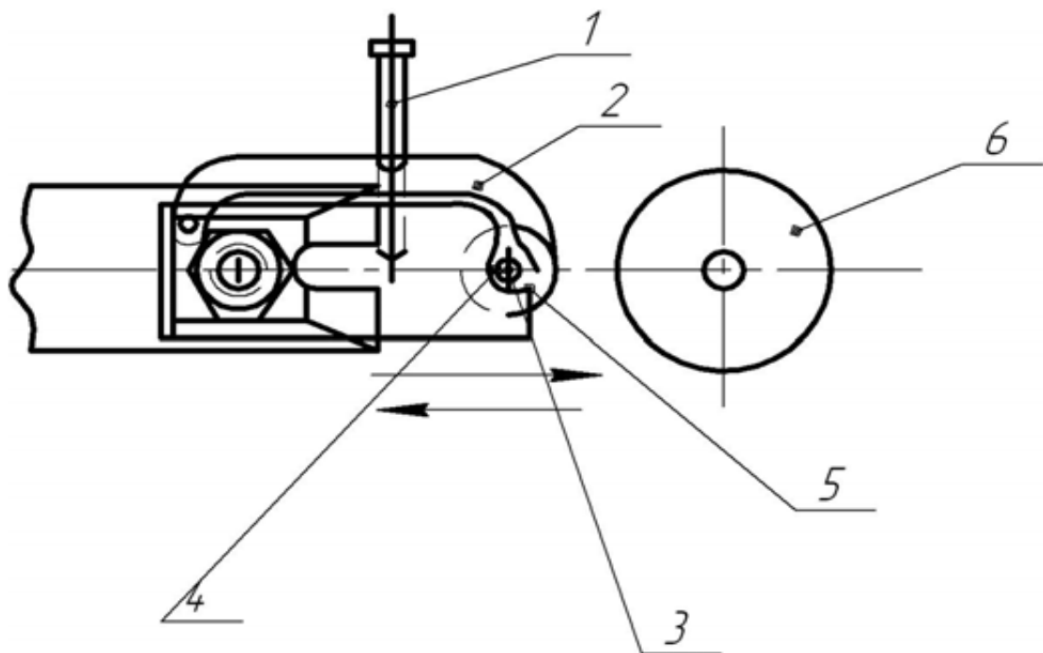


Рис. 3.3. Механизм реза и переноса заготовки:
1 – пружина; 2 – крючок; 3 – нож; 4 – заготовка; 5 – отрезная матрица;
6 – высадочная матрица

Время выстраивания ножа в крайних положениях устанавливается поворотом кривошипной шайбы и изменением длины шатуна механизма реза.

Высадочный ползун

Конструкция крепления и регулировки положения пуансона в высадочном ползуне поясняет рис. 3.4. Регулировка пуансона 1 в горизонтальном направлении осуществляется винтами 5 и 6, а в вертикальном – винтами 2. Осевая регулировка пуансона производится с помощью клина 3 и винтов 4.

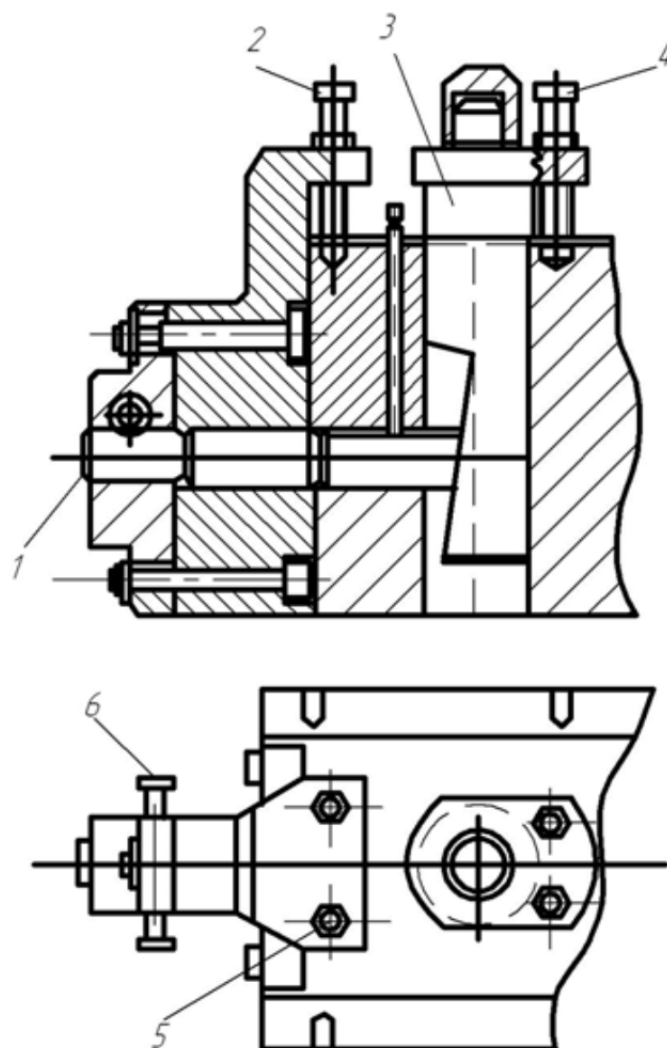


Рис. 3.4. Высадочный ползун: 1 – пуансон; 2 – винт; 3 – клин; 4, 5, 6 – винты

Механизм выталкивания готовых изделий

Выталкивание готового изделия из высадочной матрицы производится толкателем 15 (см. рис. 3.1). Во время вталкивания заготовки в высадочную матрицу выталкиватель отодвигается вправо. В момент высадки все усилие воспринимается упорным болтом 26, куда садится головка рычага 25. При этом между наружным концом рычага и головкой болта 27 должен быть небольшой зазор, чтобы усилие высадки не передавалось механизму привода выталкивателя. Толкатель 28 шарнирно связан с концом кулисы 24. Регулировка хода толкателя производится перемещением сухаря в кулисе 24, для чего на кулисе имеются деления. Одно деление соответствует 1 мм длины стержня изделия. Привод толкателя осуществляется от вала 2 через кулачковую шайбу 7.

Установка инструмента и наладка прессы

Установка инструмента начинается с установки отрезной и высадочной матриц в матричный блок. Матрицы должны быть установлены заподлицо с передней плоскостью блока и надежно закреплены. Затем устанавливаются подающие ролики, в них пропускают материал до упора и по материалу устанавливают нож. Нож должен быть установлен заподлицо с отрезной матрицей и не доходить до режущей кромки на 0,2 мм. После установки ножа по отношению к отрезной матрице регулируется положение ползуна с профилированной дорожкой, то есть длительность выстачивания ножа в крайних положениях.

После пробной штамповки определяется количество недостающего металла и регулируется величина подачи. Регулировка расстояния между пуансоном и матрицей производится клином при нахождении ползуна в переднем положении.

3.3. Порядок выполнения работы

Успешная работа холодновысадочного автомата определяется последовательностью, согласованностью и повторяемостью за строго определенный промежуток времени движения звеньев исполнительных механизмов.

Последовательность работы звеньев обусловлена технологией и заключается в следующем: подача заготовки до регулируемого упора, отрезка заготовки и перемещение ее на ось высадки, вталкивание заготовки в матрицу и высадка головки, удаление детали из высадочной матрицы, цикл работы.

Повторяемость работы звеньев автомата осуществляется за время одного оборота коленчатого вала. За начало цикла принято положение механизмов в момент начала хода ползуна вперед от крайнего заднего положения (соответствует 180° угла поворота главного вала) к матрице для совершения удара.

Для построения реальной цикловой диаграммы необходимо фиксировать перемещение звеньев исполнительных механизмов через 20° поворота коленчатого вала. Для этой цели на маховике, закрепленном на коленчатом валу, нанесена градусная шкала с ценой деления 20° , а на звеньях подвижных механизмов - ползуне, отрезном

ноже, выталкивателе – закреплены стрелки, перемещение которых фиксируется при помощи линеек с делениями, установленных на неподвижных частях пресса.

Перемещение заготовки фиксируется по углу поворота задающих валков или по изменению положения звена привода подачи. Результаты замеров необходимо занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результаты замеров

| №п/п | Наименование параметра | Единица измерения | Величина |
|------|------------------------|-------------------|----------|
| | | | |

Для более качественного усвоения материала лабораторную работу следует проводить в следующем порядке:

1. Изучить кинематическую схему работы автомата и конструкцию его основных механизмов.

2. Проверить правильность настройки инструмента, пресса и средств автоматизации.

3. Снять данные для построения ходограммы и циклограммы работы пресса и средств автоматизации. Результаты замеров после поворота вала на 20 градусов заносятся в таблицу 1.

4. По результатам замеров строится ходограмма и соответствующая ей циклограмма работы механизмов. Ходограммы механизмов строятся в координатах: "угол поворота вала в градусах – перемещение подвижных частей механизма в мм" на трафаретной сетке. При этом, рекомендуется следующее обозначение для штриховки:

----- для обозначения ползуна пресса;

- - - для обозначения ножа пресса;

-х-х- для обозначения подачи пресса;

-0-0- для обозначения выталкивателя.

5. Оформить отчет.

3.4. Контрольные вопросы и задания

1. Назвать виды работ, выполняемых на прессе-автомате.

2. Перечислить основные механизмы автомата.

3. Какова последовательность операций, выполняемых автоматом за один цикл работы?
4. Описать устройство и работу механизма подачи и его привода.
5. Как осуществляется регулировка шага подачи?
6. Описать устройство механизма захвата и переноса заготовки и его работу.
7. Как осуществляется преобразование движения механической руки?
8. Описать привод механизма переноса заготовки.
9. Как производится регулировка длительности остановки ножа в крайних положениях?
10. Описать устройство и работу механизма удаления готовых изделий.
11. Как производится регулировка положения пуансона относительно высадочной матрицы и установки инструмента?

3.5. Литература

1. Глушенко С. Ф., Шляпугин А. Г. Автоматизация и анализ процессов кузнечно-штамповочного производства: лаб. практикум. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 63 с.
2. Капустин Н. М., Кузнецов П. М., Дьяконова Н. П. Комплексная автоматизация в машиностроении: учебник / под ред. Н. М. Капустина. М.: Академия, 2005. 366 с.
3. Горяйнов В. И., Сосенушкин Е. Н., Шibaков В. Г. Автоматизация переналадки штамповочного оборудования: учеб. пособие. М.; Набережные Челны: Станкин; КамПИ, 2000. 300 с.