

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет)

**«Автоматизация кузнечно-штамповочного производства»**

*Методические указания к лабораторным работам*

г. Самара, 2016

Автор-составитель: **Михеев Владимир Александрович**

Автоматизация кузнечно-штамповочного производства [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. В. А. Михеев. – Электрон. текстовые и граф. дан. ( 1,98 Мбайт). - Самара, 2016. - 39 с.

Методические указания к лабораторным работам предназначены для студентов инженерно-технологического факультета, обучающихся по дисциплине «Автоматизация кузнечно-штамповочного производства» по направлению подготовки бакалавриата 15.03.01 "Машиностроение".

Подготовлено на кафедре обработки металлов давлением.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа «Автоматизация подачи ленточного материала при листовой штамповке» .....	5
1 Краткие сведения о подачах .....	5
1.1 Обобщенная структурная схема автоматического комплекса .....	5
1.2 Валковая подача с механическим приводом .....	6
1.3 Ролико-клиновьяподача .....	8
1.4 Клещевые подачи .....	11
2 Автоматический комплекс на базе пресса BRA-75 .....	154
2.1 Пресс-автомат BRA-75 .....	154
2.2 Разматывающее устройство .....	187
3 Порядок выполнения работы.....	198
4 Обработка результатов эксперимента .....	198
6 Контрольные вопросы.....	19
Лабораторная работа «Изучение работы робототехнологического комплекса листовой штамповки.....	20
1 Применение промышленных роботов.....	210
2 Состав и работа робототехнического комплекса листовой штамповки..	220
3 Описание оборудования, входящего в состав РТК.....	231
3.1 Кривошипный пресс К2318Е .....	231
3.2 Промышленный мини-робот ПМР-0,5-200КВ.....	231
3.3 Электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ-6030 .....	264
4 Составление, набор и отладка программы.....	33
5 Подготовка к работе .....	36
6 Порядок выполнения работы.....	38
7 Контрольные вопросы.....	385

## 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 и 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 и разматывающее устройство 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.

## Лабораторная работа «Автоматизация подачи ленточного материала при листовой штамповке»

**Цель работы:** ознакомиться со структурой автоматического комплекса, основными типами автоматических подач для ленточного материала, используемых в операциях листовой штамповки, а также изучить конструкцию и работу автоматической подачи прессы-автомата ВРА-75.

### Задание:

- изучить основные типы подач, применяемых при штамповке из непрерывной заготовки;
- изучить конструкцию и принцип работы валковой, ролико-клиновой и клещевой подач;
- обработать результаты эксперимента;
- построить зависимость шага подачи от величины эксцентриситета;
- по результатам экспериментов составить отчет о проделанной работе.

## 1 Краткие сведения о подачах

### 1.1 Обобщенная структурная схема автоматического комплекса

Одним из путей автоматизации процессов листовой штамповки, широко применяемых в различных отраслях машиностроения, является автоматизация подачи и перемещения ленточного и полосового материала в зону штампа, а также автоматизация удаления отходов и готовых деталей.

Несмотря на различное конструктивное исполнение средств автоматизации, в автоматических подачах имеются узлы и механизмы, функции и назначения которых аналогичны. Поэтому систему автоматизации можно представить в виде обобщенной структурной схемы (рисунок 1).

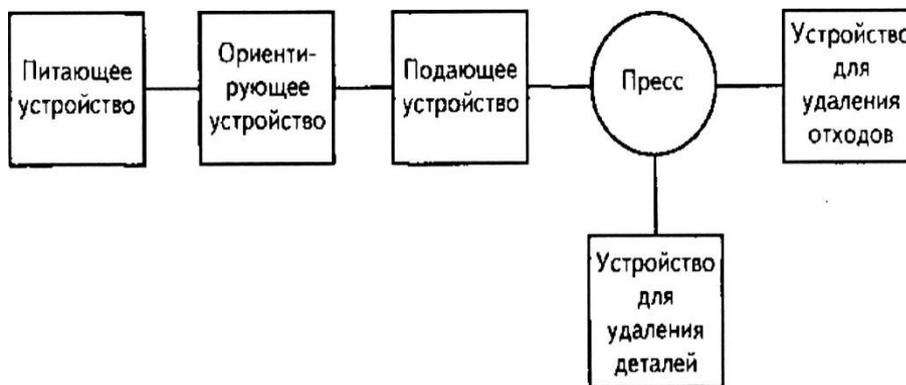


Рисунок 1 - Структурная схема системы автоматизации

Одним из основных звеньев системы автоматизации является подающее устройство, в функции которого входят: захват заготовки, удержание и перемещение захваченной заготовки, ее последующее освобождение. Рациональный выбор подающего устройства позволяет повысить надежность и точность работы системы автоматизации.

Подающие устройства (подачи) в зависимости от характера взаимодействия между захватом и изделием бывают следующих типов: клиновые, крючковые, клещевые и др. Рассмотрим конструкции некоторых типов подач.

## 1.2 Валковая подача с механическим приводом

Валковая подача имеет привод от кривошипного вала пресса, что позволяет протягивать ленту сквозь зону штамповки в соответствии с частотой ходов ползуна.

Наиболее распространены двухсторонние валковые подачи (рисунок 2). На конце кривошипного вала пресса крепят планшайбу 6, к которой присоединяют палец 4 с головкой привода 5. Последняя соединена с тягой 3, длина которой может регулироваться для установления необходимого момента начала подачи ленты, его восстановления до требуемого и установки требуемого уровня подачи ленты относительно уровня зеркала матрицы штампа. В процессе вращения кривошипного вала пресса тяга 3 и соединенный с ней рычаг 7 колеблются. Амплитуда колебаний зависит от эксцентриситета пальца 4 относительно оси кривошипного вала. Эксцентриситет регулируют, перемещая палец 4 по планшайбе 6. Таким образом, регулируют шаг подачи в заданном диапазоне. Колебательное движение рычага 7 передается валкам левой толкающей головки 2, а от них с помощью тяги, размещенной в кожухе 8, валкам правой тянущей головки.

Кинематическая схема валковой подачи приведена на рисунке 3. На конце кривошипного вала 11 пресса, на котором устанавливают подачу, крепят планшайбу 10, по которой с помощью гайки 9 перемещается палец 8 с головкой привода 7. К головке привода присоединена тяга 6 с регулируемой длиной, которая через рычаг крепится к валу 4.

При вращении кривошипного вала 11 вместе с ним вращается планшайба 10, в результате чего с определенным радиусом относительно оси кривошипного вала вращается палец 8. Величина радиуса вращения пальца зависит от его положения на планшайбе 10. От пальца 8 через головку привода 7 тяге 6 передается колебательное движение, приводящее к колебательному движению вала 4. Амплитуда колебаний вала 4 зависит от эксцентриситета пальца 8 и длины регулируемой тяги 6. Через сектор 5, жестко сидящий на валу 4, и обгонную муфту 13 колебания вала 4 передаются верхнему валку 2 левой головки и далее через пару зубчатых колес 14 - нижнему валку 3. Усилие прижатия валков друг к другу регулируется нажимной гайкой 15 через пружину 16.

Одновременно через тягу 12 колебательное движение передается валу 17 аналогичной по устройству правой головки. В процессе колебательного движения валков их инерция в момент изменения направления вращения гасится фрикционными дисковыми тормозными устройствами 1.

Если в установленном на прессе штампе применяют фиксаторы (ловители) или шаговые ножи, то в момент штамповки требуется освобождение ленты. Для этого к ползуну прессы дополнительно крепят два кулачка, которые при ходе ползуна вниз нажимают на соответствующие рычаги подачи и тем самым приподнимают верхние валки. В случае использования валковой подачи подъем верхних валков для заправки в них ленты осуществляется пневмоприводом.

Узел планшайбы с пальцем и головкой привода (рисунок 4) является общим для всех подач, приводящихся в движение от кривошипного вала прессы. Планшайба 4 с помощью переходного фланца 3 крепится к торцу кривошипного вала 11. Планшайба может вращаться относительно переходного фланца в пределах длины пазов Д Ее положение фиксируется с помощью винтов 12, чем устанавливаются начало и окончание движения пальца 5.

Последний своей Т-образной головкой перемещается в пазу планшайбы винтом 2, вращающимся в сухарях 7, и фиксируется в необходимом положении путем затяжки гайками 6, осуществляющими зажим через распорную втулку 9. Необходимое положение пальца определяется по шкале линейки 10. Головка привода 8 надета на палец 5 на подшипниках. Крышка 7 образует соответствующую полость для смазки. Односторонние валковые подачи отличаются отсутствием правой головки и соответственно тяги 12.

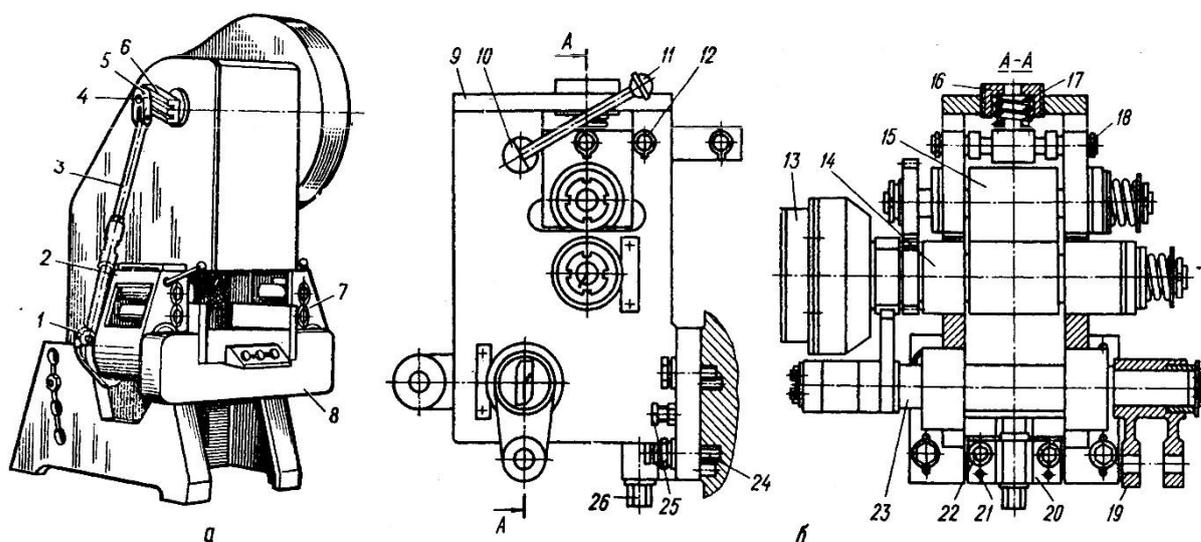


Рисунок 2 - Двусторонняя валковая подача:

а - общий вид подачи на прессе; б - левая головка; 1 — рычаг; 2 — левая головка; 3 — тяга; 4 - палец; 5 - головка привода; 6 - планшайба; 7 - правая головка; 8 - кожух; 9 - крышка корпуса; 10 - ось; 11- рукоятка; 12 — ось; 13 — муфта обгона; 14 — нижний валок; 15 - верхний валок;

16 — регулировочная гайка; 17 - пружина; 18 — ось; 19 — рычаг привода правой каретки; 20 - корпус; 21 - штифты; 22 — болты крепления шпонки; 23 - вал; 24 — болты крепления головки к прессу; 25 - болты регулирования положения головки; 26 — болты регулирования уровня подачи.

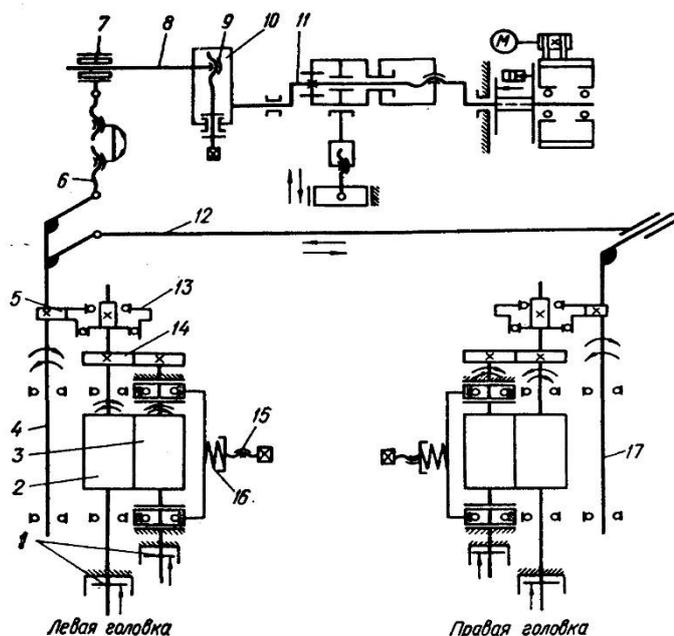


Рисунок 3 - Кинематическая схема двусторонней валковой подачи

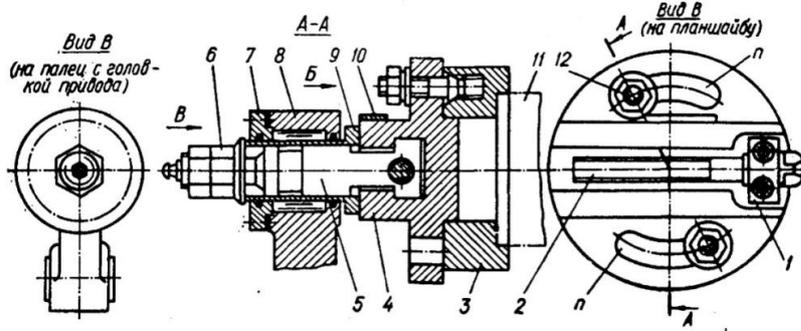


Рисунок 4 - Планшайба с пальцем и головкой привода  
5

### 1.3 Ролико-клиновья подача

Клиновые подачи бывают односторонними (тянущие либо подающие) и двусторонними (одновременно тянущие и подающие). Характерной особенностью клинового захватного органа является то, что процесс захвата заготовки в них осуществляется в результате самозаклинивания полосы. Наиболее распространены автоматические подачи с захватом полосы путем заклинивания роликами, шариками либо эксцентриками.

На рисунке 5 приведена схема роликовой подачи, которая имеет привод от вала прессы через кривошипно-шатунный и реечный преобразующие механизмы.

Подача состоит из механизма привода (приводной рычаг 1 и реечный механизм 2), подвижной каретки 3 и неподвижной тормозящей каретки 6.

Работа подачи осуществляется следующим образом. При вращении вала прессы тяга сообщает колебательное движение рычагу 1, который через реечный механизм 2 передает движение подвижной каретке 3 с заклинивающимися роликами. Две пары роликов 4 и 5, находящиеся в клиновых гнездах каретки 3, при перемещении по стрелке А заклинивают полосу 8 и подают ее в штамп на заданный шаг подачи. В это время ролики тормозной каретки 6 не препятствуют перемещению ленты.

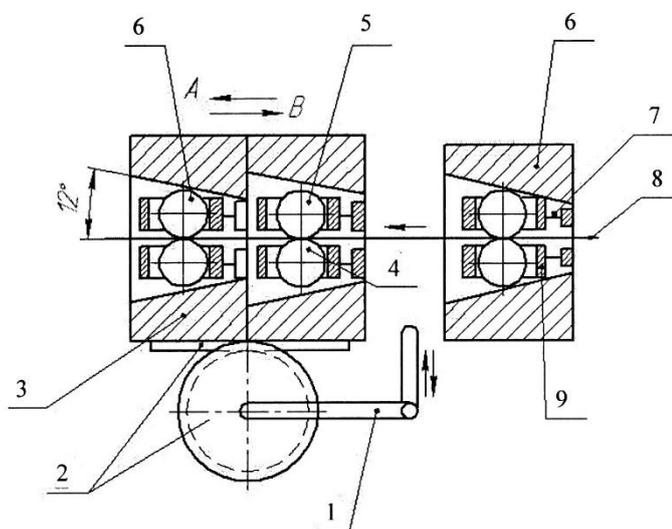


Рисунок 5- Схема ролико-клиновой подачи:  
 приводной рычаг; 2 - реечный механизм; 3 - подвижная каретка; 4, 5 - ролики; 6 - тормозящая каретка; 7 - пружины; 8 - полоса; 9 - обойма

При обратном ходе по стрелке В каретка с подающими роликами возвращается в исходное положение. В этот момент ролики 4 и 5 освобождают полосу, которая при возврате каретки 3 зажимается фиксирующими роликами неподвижной каретки 6. Заклинивающие ролики, находящиеся в обоймах 9, притягиваются к клиновым гнездам кареток 3 и 6 пружинами 7. Клиновые подачи используются при подаче полос и лент толщиной до 5 мм. Точность подачи достигает 0,05-0,08 мм, шаг подачи - 600 мм. Указанный тип подачи может работать на прессах с числом двойных ходов в минуту до 200.

Привод подачи (рисунок 6) осуществляется от вала прессы, на котором насажена кривошипная шайба 1. В шайбе смонтирован кулисный механизм, с помощью которого можно регулировать радиус кривошипа  $r$ . На кривошипном пальце насажен шатун 2, который передает движение рычагу 3. На одной оси с рычагом 3 закреплена шестерня 4, находящаяся в зацеплении с рейкой 5, которая закреплена на подвижной каретке. Таким образом, через кривошипно-шатунный механизм и реечный механизм вращательное движение вала преобразуется в возвратно-поступательное движение подвижной каретки подачи.

Величина хода подачи, а следовательно, и шаг подачи определяется зависимостью:  $H = R\alpha$ , где  $R$  - радиус, а  $\alpha$  - угол поворота шестерни 4. Регулирование шага подачи осуществляется путем изменения радиуса кривошипа  $r$ . При увеличении радиуса  $r$  угол  $\alpha$ , а следовательно, и шаг подачи пропорционально увеличивается (рисунок 6).

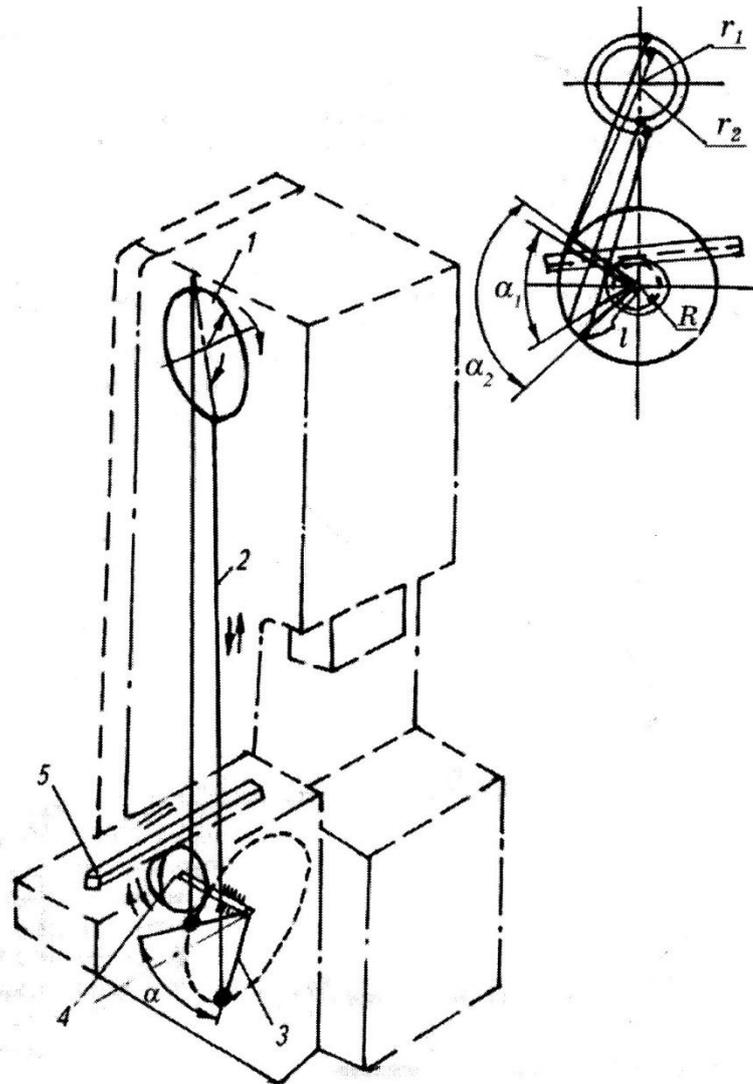


Рисунок 6 - Привод роликовой подачи:

1 - кривошипная шайба; 2- шатун; 3- рычаг; 4- шестерня; 5- рейка

#### 1.4 Клещевые подачи

Удержание заготовки в клещевой подаче происходит в результате сил трения между захватными органами и заготовкой. При этом необходимая сила нормального давления создается специальным самостоятельным устройством (пневматическим, гидравлическим, электромагнитным).

На рисунке 7 приведена схема зажима и пневмоцилиндр клещевой подачи. Захват заготовки 2 осуществляется путем прижима ее поршнем 1 к опорной пластине 3. Пневмоцилиндр 1 вместе с заготовкой 2 перемещается на заданный шаг подачи пневмоцилиндром 4.

На рисунке 8 показана принципиальная схема клещевой подачи с одной кареткой модели КП. Клещевые подачи в отличие от валковых и роlikо-клиновых подач оснащены индивидуальным пневматическим приводом.

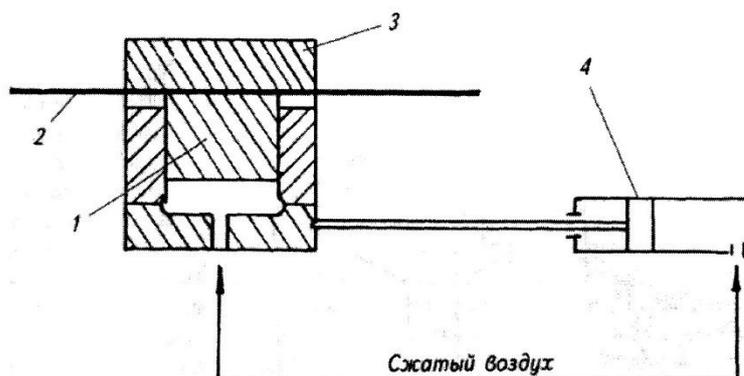


Рисунок 7 - Схема клещевой подачи

1 - пневмозажим; 2- заготовка; 3- опорная пластина; 4- пневмоцилиндр.

Принцип работы подач моделей КП6, КП7, КП8 заключается в следующем. Сжатый воздух под давлением 0,4-0,5 МПа подается из сети через муфтовый кран 12, влагоотделитель 11, регулятор давления 10 и маслораспылитель 7 в точку “а” магистрали.

Необходимое давление в процессе работы поддерживают регулятором давления 10, контролируют реле давления 8 и по манометру 9. Из точки “а” воздух поступает в воздухораспределитель 4 и в точку “q” воздухораспределителя 7. Воздухораспределителем 4 управляет кулачок 5, посаженный на вал пресса, и таким образом за время полного оборота вала происходит полный цикл работы подачи.

В свою очередь, воздухораспределитель 4 управляет работой воздухораспределителя 1. Воздухораспределитель управляет работой поршней-клещей неподвижной 17 и подвижной 21 кареток одновременно, и работой воздухораспределителя 24. Он управляет работой цилиндра подачи 15.

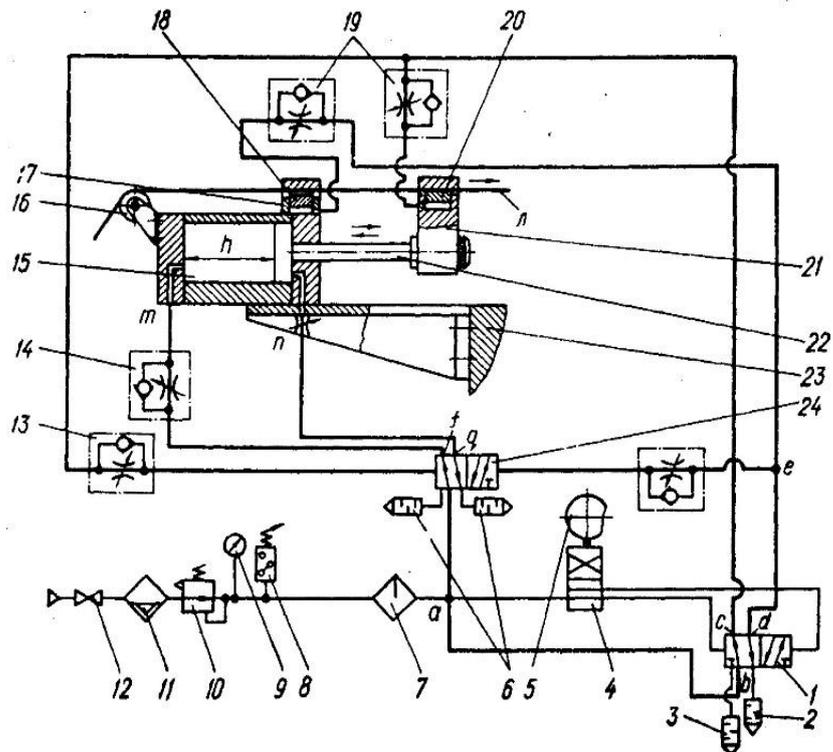


Рисунок 8 - Принципиальная схема клещевой подачи с одной подающей кареткой моделей КП6, КП7, КП8.

При ходе ползуна пресса вниз кулачок 5 ставит золотник воздухораспределителя 4 в такое положение, при котором воздухораспределитель 7 обеспечивает подачу воздуха из точки "q" в точку "d". В результате воздух поступает в точку "с" и далее в полость неподвижной каретки 17 (через клапан дросселя 19), поднимает поршень-клещи 18. Лента Л оказывается зажатой и не может перемещаться ни влево, ни вправо. При этом воздух подвижной каретки 21 вытесняется через дроссель 19, воздухораспределитель 7 и глушитель 3 в окружающее пространство, поршень-клещи 20 опускается и освобождает ленту Л одновременно от точки "е" воздух поступает воздухораспределителю 24 и перемещает его золотник в такое положение, при котором воздух из точки "а" поступает в точку "q" и далее в точку "n". В результате этого поршень цилиндра подачи движется влево, перемещая штоком 22 подвижную каретку 21 в исходное левое положение. Воздух из левой полости цилиндра вытесняется, поступает от точки "т" через дроссель 14 в точку "f\*" и через глушитель 6 выходит в окружающее пространство. Поскольку при этом лента зажата поршнем-клещами неподвижной каретки, то подвижная каретка свободно перемещается влево, а лента остается неподвижной.

Ход каретки может регулироваться упорами и составляет часть наибольшего хода поршня h. Регулирование плавное (от 0 до И). В конце хода ползуна вниз деталь штампуется. Затем начинается подъем ползуна. Кулачок 5 при этом ставит золотник воздухораспределителя 4 в такое положение, при котором воздух от точки "Б" поступает к точке "с" и далее через клапан дросселя 19 в полость подвижной каретки 21.

Поршень-клещи 20 поднимается и зажимает ленту. При этом воздух из полости неподвижной каретки вытесняется. Через дроссель 19 он поступает в точку “d” и далее через глушитель 2 - в окружающее пространство. Поршень-клещи 18 опускается и освобождает ленту. Одновременно из точки “с” воздух поступает через дроссель 13 к воздухораспределителю 24 и перемещает его золотник в положение, при котором воздух от точки “а” подается в точку “f” и далее - в точку “m”. В результате поршень цилиндра подачи движется вправо и перемещает штоком 22 подвижную каретку 21 в крайнее правое положение. Поскольку лента при этом зажата поршнем-клещами подвижной каретки и освобождена поршнем-клещами неподвижной каретки, то она перемещается вправо на величину шага подачи. При этом воздух из правой полости цилиндра подачи 15 вытесняется, проходит от точки “n” через дроссель и далее до точки “q”, затем выходит в окружающее пространство через глушитель 6.

На входе в клещевую подачу лента направляется валком 16. Корпус клещевой подачи крепится к столу пресса 22. Наличие дросселей обеспечивает плавность движения всех механизмов подачи.

Клещевые подачи моделей КП63, КП100 и КП160 также имеют индивидуальный пневмопривод, работой которого управляет клапан управления (КУ), связанный с кривошипным валом пресса. При работе пресса КУ переключает один из воздухораспределителей подачи, изменяя направление потока воздуха к захватам. В результате материал зажимается в одном из захватов и освобождается в другом. Одновременно происходит переключение второго воздухораспределителя, который изменяет направление потока воздуха к плунжерам механизма подачи. Далее цикл повторяется. Имеется также воздухораспределитель, обеспечивающий разжатие захвата при заправке ленты в начале работы и воздухораспределитель, обеспечивающий отключение управления подачи при наладке пресса или штампа. В состав подачи входят дроссели для синхронизации срабатывания захватов подачи. Они обеспечивают опережение зажатия материала в одной из кареток перед освобождением его в другой. Другая пара дросселей позволяет регулировать плавность подхода подвижных масс к крайним положениям.

Клещевые подачи имеют высокую точность при значительной величине шага подачи (до нескольких метров). Этот вид подачи применяется в крупносерийном и массовом производстве для перемещения тонкого непрерывного материала. Клещевые подачи могут иметь также механический привод от подвижных частей пресса. Такая подача используется, в частности, на специализированном пресс-автомате ВРА-75.

## 2 Автоматический комплекс на базе пресса BRA-75

### 2.1 Пресс-автомат BRA-75

Пресс входит в состав автоматического комплекса. На рисунке 9 приведено фото пресса вместе с разматывающим устройством. В таблице 1 приведены его основные характеристики.

Пресс может выполнять различные штамповочные операции со скоростью до 600 ход/мин. Этому способствует то, что пресс оборудован устройством для уравнивания ползуна, системами охлаждения шатуна и штампов, системами принудительной смазки подвижных частей, автоматической подачей материала, ориентирующе-питающим устройством.



Рисунок 9 – Пресс BRA-75 с разматывающим устройством

Таблица 1 -Технические характеристики пресса:

Номинальное усилие,тс.	75
Число ходов ход/мин.	120-600
Мощность эл. двигателя КВТ	15
Рабочая поверхность стола:	
длина мм	1080
ширина мм	1220
Отверстие в столе:	
длина мм	750
ширина мм	200
Проход в станине:	
вдоль мм	730
поперек мм	840
Максимальный ход ползуна мм	400
Регулируемая высота ползуна мм	80
	5
Давление воздуха для муфт атм.	

Ширина ленты мм	10-300
Вес станка кг.	13500

Привод пресса (рисунок 10) осуществляется от электродвигателя 1 через бесступенчатый редуктор 2 и клиноременную передачу на маховик 3, который насажен на двухколенный кривошипный (эксцентрикковый) вал 4.

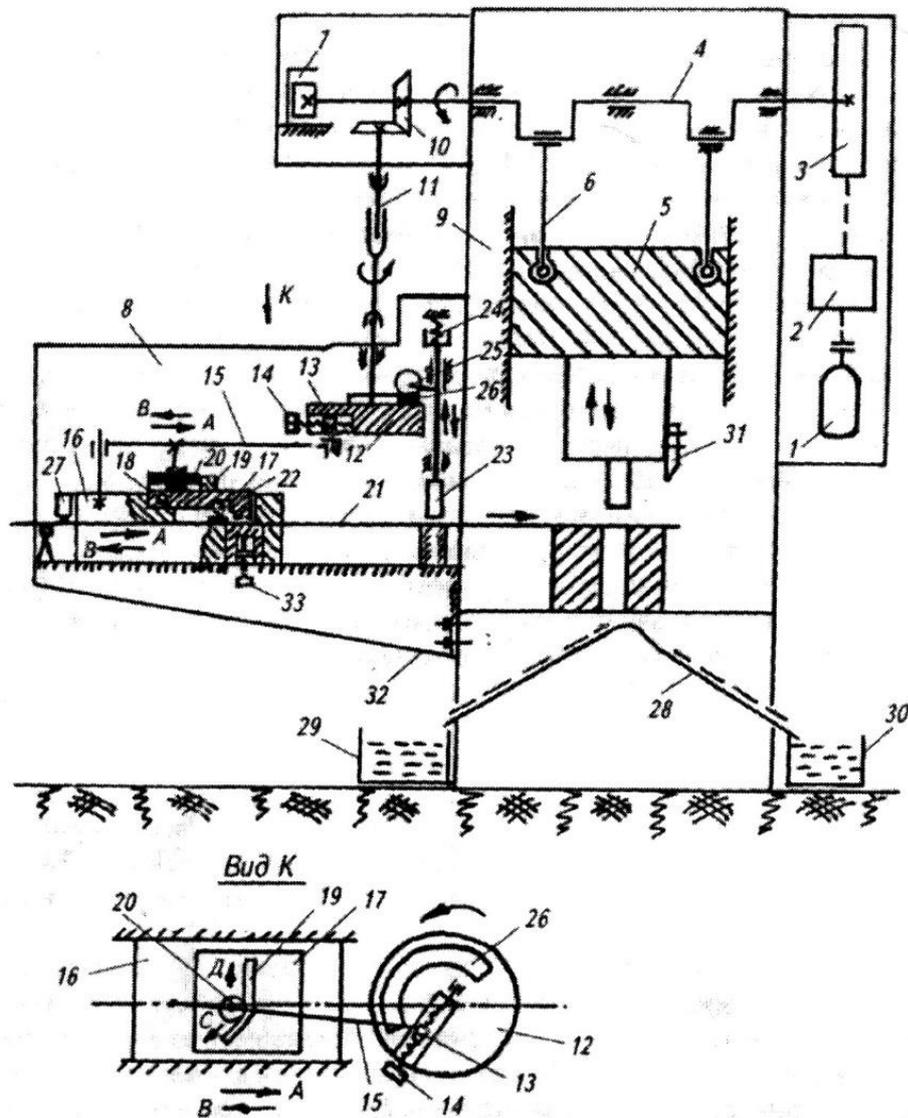


Рисунок 10 - Схема пресса-автомата ВРА-75:

1 - электродвигатель; 2 - бесступенчатый редуктор; 3 - маховик; 4 - двухколенный кривошипный (эксцентрикковый) вал; 5 - ползун; 6 - шатун; 7 - привод механизма; 8 - корпус; 9 - станина пресса; 10 - пара конических шестерен; 11 - телескопический карданный вал; 12 - кривошипная шайба; 13 - кривошип; 14 - винт; 15 - шатун; 16 - каретка клещевой подачи; 17 - клещевой захват; 18 - ось; 19 - профильная дорожка; 20 - ролик; 21 - заготовка; 22 - пружина; 23 - клещевой захват; 24 - пружина; 25 - ролик; 26 - профилированная кулачковая дорожка; 27 - блокировочный микровыключатель; 28 - наклонные лотки; 29 - тара готовых деталей; 30 - тара измельченных деталей; 31 - нож; 32 - корпус; 33 - регулировочный винт

Вращательное движение вала 4 преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна 5 с помощью спаренного кривошипно-шатунного механизма. Шатуны 6 этого механизма соединены с ползуном на шаровых шарнирах. На валу 4 закреплен привод механизма 7, предназначенного для счета числа ходов пресса и его автоматической остановки при достижении заданного числа рабочих ходов. Клещевая автоматическая подача материала смонтирована в корпусе 8, который крепится к станине пресса 9.

Привод подачи осуществляется от вала пресса 4 через пару конических шестерен 10 и телескопический карданный вал 11. На валу 11 закреплена кривошипная шайба 12, в которой смонтирован кулисный механизм, предназначенный для регулировки шага подачи, включающий сухарь кулисы с осью кривошипа 13 и винт регулировки радиуса кривошипа 14. На ось кривошипа 13 насажен шатун 15, который преобразует вращательное движение шайбы 12 в возвратно-поступательное и передает последнее каретке клещевой подачи 16, движущейся по направляющим, смонтированным в корпусе 8.

Клещевой захват 17 выполнен в виде рычага, посаженного на ось 18. На верхней части рычага 17 закреплена профильная дорожка 19, которая находится в контакте с роликом 20, закрепленном на шатуне 15. При движении шатуна и каретки по стрелке А ролик 20, перекатываясь по профильной дорожке в направлении С (рисунок 10, вид К), воздействует через нее на захват 17, который зажимает заготовку 21 и перемещает ее на заданный шаг.

При движении шатуна и каретки по стрелке В ролик 20 начинает перекатываться по дорожке 19 по стрелке Д. За счет соответствующего профиля дорожки 19 в направлении Д и пружины 22 клещевой захват 17 выйдет из зацепления с заготовкой 21. Таким образом, при движении каретки по стрелке В заготовка 21 будет выставляться. Для предотвращения перемещения заготовки по стрелке В в результате неполного расклинивания захвата 17, залипания заготовок в захвате, влияния сил трения и т. п. в подаче предусмотрена блокировочная защита. Она выполнена в виде клещевого захвата 23, который с помощью пружины 24 зажимает заготовку и удерживает ее во время движения каретки 16 по стрелке В.

Во время подачи заготовки (при движении каретки по стрелке А) захват 23 освобождает заготовку. Это осуществляется с помощью ролика 25 и профилированной кулачковой дорожки 26, закрепленной на кривошипной шайбе 12.

Пресс оборудован также блокировочным микровыключателем 27, который выключает пресс при окончании заготовки, выключателями (на рис. 7 они не показаны), останавливающими пресс при открытии ограждения и др. В станине пресса имеются наклонные лотки 28 для удаления в тару 29 готовых деталей и в тару 30 измельченных, например, с помощью ножа 31, отходов. Для изменения шага подачи изменяют радиус кривошипа привода подачи с помощью винта 14 и кулисного камня 13.

## 2.2 Разматывающее устройство



Рисунок 11 – Приводное разматывающее устройство

В качестве ориентирующего устройства используется приводное разматывающее устройство (рисунок 11). Рулон 1 крепится на четырех захватах 2, положение которых в зависимости от размера рулона регулируется с помощью приводных винтов 3. Привод устройства осуществлен от электродвигателя 5 через редуктор 4 (рисунок 12).

Двигатель, в зависимости от размера компенсационной петли 9, включается в работу периодически. Управление работой двигателя осуществляется автоматически с помощью датчика 8, закрепленного на выносной штанге 7, и реле времени 6, смонтированного в пульте управления (на рисунке 12 не показаны).

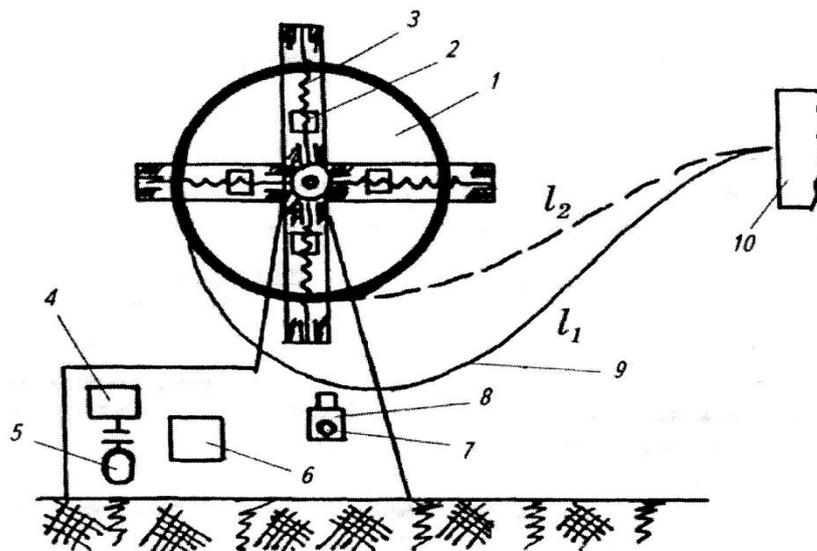


Рисунок 12 - Схема приводного разматывающего устройства:

1 - рулон; 2- захват; 3- приводной винт; 4- редуктор; 5- электродвигатель; 6- реле времени; 7- выносная штанга; 8- датчик; 9- петля; 10- подача

Принцип настройки системы следующий:

- определяется разница длины петли 9 от рулона до подачи 10 в двух ее крайних положениях  $L=L_1 - L_2$  ;
- определяется время  $t$  расхода заготовки длиной  $L$  ( $t=L/(H*n)$ , где  $H$  - шаг подачи,  $n$  - темп штамповки);
- реле времени 6 настраивается на время  $t$ .

При включении устройства начинается разматывание заготовки. При касании петель 9 датчика 8 последний подает команду на выключение двигателя 5 и включение реле времени 6. По истечении времени  $t$  реле времени включает двигатель 5 в работу и так далее до остановки агрегата.

### 3 Порядок выполнения работы

1. Изучить принцип действия автоматических подач, описанных в инструкции.
2. Изучить конструкцию и кинематическую схему привода роlikо-клиновой подачи и клещевой подачи пресса ВРА-75.
3. Отрегулировать подачу на заданную толщину ленты.
4. Шаг подачи последовательно настроить на величину  $H$ , равную 30,40, 50, 80 мм.
5. Включить пресс, установить скорость 100, 200 и 300 мин<sup>-1</sup> (для пресса ВРА-75) и отштамповать несколько деталей для каждого значения скорости и шага подачи (5-6 раз).
6. Замерить полученные значения шага подачи для каждого фиксированного значения.
7. Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты наблюдений и вычислений

Скорость мин <sup>-1</sup>	Шаг подачи	Результаты измерений					$H_{cp}$	$H_{max}$	$H_{min}$	S	$\Delta H$
		H1	H2	H3	H4	H5					
$n_1$	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
$n_2$	1...5										
$n_3$	1...5										

### 4 Обработка результатов эксперимента

Подсчитать среднюю величину шага подачи ( $H_{cp}$ ) для каждого установленного значения заданного шага. Данные внести в таблицу 2. Определить среднеквадратичное отклонение S:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - H_{cp})^2}{n(n-1)}}, \text{ где } n - \text{ число измерений.}$$

По таблице 3 находится коэффициент Стьюдента для заданного уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $f =$ . После этого определяются границы доверительного интервала  $\Delta H =$ . Тогда искомое значение шага подачи  $H = H_{ср}$ .

Таблица 3 - Значения t-критерия Стьюдента при уровне значимости  $\alpha = 0,05$

Число степеней свободы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Значения критерия	12,7	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,36	2,30	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16	2,15

Построить графическую зависимость точности подачи от величины шага. Сделать выводы по работе.

### 5 Контрольные вопросы

1. Что такое гибкие производственные модули (ГП модули)?
2. В чем заключается принцип работы валковой автоматической подачи?
3. Пользуясь схемой, описать работу пресс-автомата для чистовой вырубki.
4. Описать принцип работы клиновой подачи и ее привода.
5. Как регулируется шаг клиновой подачи?
6. Каков принцип работы клещевой подачи с индивидуальным приводом?
7. Пользуясь схемой, описать работу пресс-автомата BRA-75.
8. Описать работу разматывающего устройства и его настройку.
9. Как регулируется шаг подачи и число ходов на пресс-автомате BRA-75?

## **Лабораторная работа «Изучение работы робототехнологического комплекса листовой штамповки»**

Цель работы: изучение состава и работы робототехнического комплекса (РТК) на основе промышленного робота ПМР-0,5-200КВ, составление и отладка программы для робота.

Задание

10. Ознакомиться с особенностями применения промышленных роботов и с оборудованием, входящим в состав роботизированного листоштамповочного комплекса.
11. Изучить кинематическую схему манипулятора промышленного робота ПМР-0,5-200КВ.
12. Составить алгоритм работы РТК (в соответствии с заданием преподавателя).
13. Составить и набрать программу работы РТК, проверить ее выполнение, построить циклограмму работы комплекса.
14. Оптимизировать программу, проверить ее выполнение, построить циклограмму оптимизированного варианта.
15. Составить отчет о проделанной работе.

### **1 Применение промышленных роботов**

Промышленные роботы находят все более широкое применение, заменяя человека на участках с опасными, вредными для здоровья, тяжелыми или монотонными условиями труда. Особенно важно, что промышленные роботы можно применять для выполнения работ, которые не могут быть механизированы или автоматизированы традиционными средствами. Они создают предпосылки для перехода к качественно новому уровню автоматизации - созданию автоматических производственных систем, работающих с минимальным участием человека.

Одно из основных преимуществ ПР - возможность быстрой переналадки для выполнения задач, различающихся последовательностью и характером манипуляционных действий. Поэтому применение ПР наиболее эффективно в условиях частой смены объектов производства, а также для автоматизации ручного низкоквалифицированного труда.

В основном на машиностроительных заводах ПР используются для обслуживания кузнечно-прессового и литейного оборудования, а также металлорежущих станков. Также они применяются на операциях сварки, окраски и сборки.

## 2 Состав и работа робототехнологического комплекса листовой штамповки

В состав РТК для листовой штамповки из штучных заготовок (рисунок 1) входят: кривошипный пресс (К2318Е), промышленный мини-робот (ПМР-0.5-200КВ), электронное цикловое программное устройство (ЭЦПУ-6030), ориентирующее устройство магазинного типа.

В операциях ОМД промышленные роботы используются, в основном, для загрузки заготовок на позицию штамповки, удаления готовых деталей и отходов, а также в качестве транспортных средств передачи заготовок с одной позиции штамповки на другую.



Рисунок 1 – Робототехнологический комплекс РТК

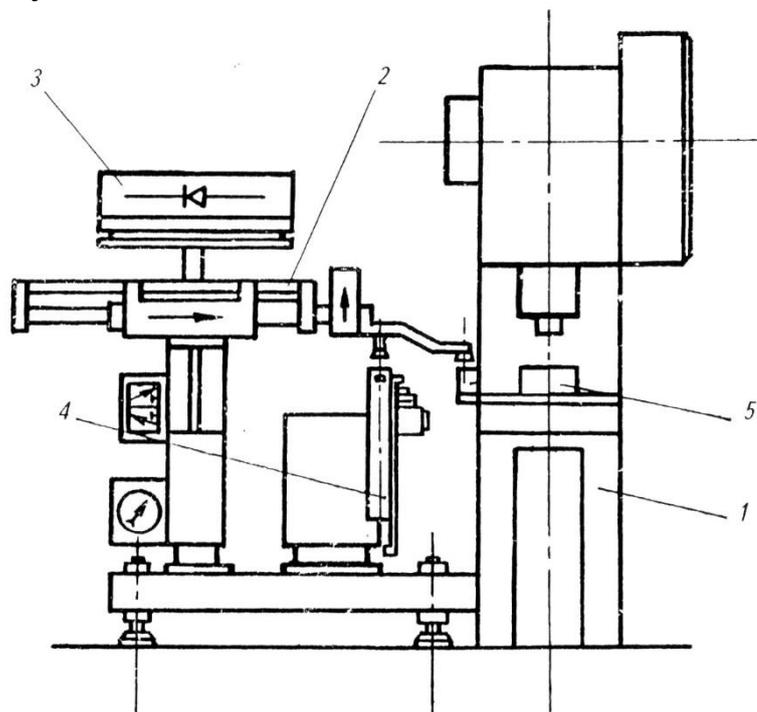


Рисунок 2 - Состав роботизированного комплекса

В рассматриваемом РТК промышленный робот берет заготовки на позиции выдачи (ориентирующее устройство 4), переносит ее на позицию штамповки (штамп 5). Затем следует технологическая операция штамповки, по окончании которой робот удаляет отштампованную деталь в тару или переносит ее на следующую операцию обработки. После этого цикл повторяется. Управление работой РТК осуществляется с пульта циклового управления ЭЦПУ-6030 путем задания программы.

### 3 Описание оборудования, входящего в состав РТК

#### 3.1 Кривошипный пресс К2318Е

Пресс является однокривошипным прессом простого действия с наклоняемой станиной. Он предназначен для различных операций холодной штамповки: вырубки, пробивки отверстий, гибки, неглубокой вытяжки, просечки и других холодноштамповочных операций. По универсальности пресс применяется почти во всех областях промышленности.

Конструктивные особенности прессы:

- наклоняемая станина;
- регулируемый ход ползуна;
- централизованная система смазки;
- предохранительные устройства: по крутящему моменту - муфта, по усилию - ломкий предохранитель в ползуне.

Пресс имеет следующие основные характеристики (таблица 1):

Таблица 1 – Основные характеристики кривошипного прессы

1	Номинальное усилие прессы, кН	63
2	Ход ползуна (регулируемый), мм	5...45
3	Частота непрерывных ходов ползуна, мин-1	150, 200, 250
4	Регулируемое расстояние между столом и ползуном, мм	32
5	Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при наибольшем ходе, мм	170
6	Размеры стола, мм	300x200

#### 3.2 Промышленный мини-робот ПМР-0,5-200КВ

Промышленный робот ПМР-0,5-200КВ предназначен для автоматизации операций штамповки, механической обработки, сборки, а также других технологических процессов, где необходимо осуществлять взятие, перенос и установку заготовки на технологическое оборудование.



Рисунок 3 - Промышленный робот ПМР-0,5-200КВ

Мини-робот ПМР-0,5-200КВ (рисунок 4) имеет модульную конструкцию. В состав робота входят: модуль поворота (В-240) 1; стойка (СК-8А) 2, предназначенная для закрепления манипулятора и распределения сжатого воздуха; пневмоцилиндр манипулятора (ПД-200) 3; кисть для вертикального перемещения рабочих органов робота (К-25) 4; захватное устройство (двух типов - клещевое УЗК 6 и вакуумное УЗВ-200 5); пульт циклового управления (ЭЦПУ-6030) 7; блок подготовки воздуха (ПБ-1 16/10) 8.

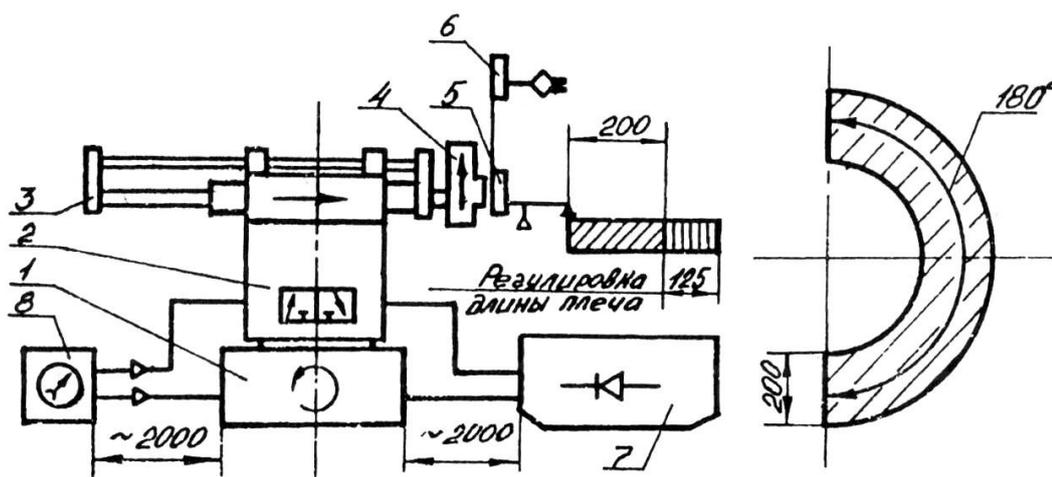


Рисунок 4 - Структурная схема промышленного робота ПМР-0,5-200КВ

Таблица 2 - Мини-робот имеет следующие технические характеристики:

1	Масса перемещаемого изделия, не более, кг	0,5
2	Число степеней подвижности (без захвата)	3
3	Величина горизонтального перемещения манипулятора, мм	200
4	Величина вертикального перемещения кисти, мм	35
5	Максимальный угол поворота манипулятора, град	180

6	Погрешность позиционирования, мм	
	при линейных перемещениях	0,05
	при повороте	0,1
7	Средняя скорость перемещения, не менее, мм/с	
	горизонтального	220
	вертикального	100
8	Средняя скорость поворота, не менее, град/с	90
9	Время захвата и освобождения заготовки, не более, с	0,3
10	Способ управления	Программный Цикловой
11	Число программируемых точек по каждой степени подвижности	2
12	Тип привода	ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ РУЧНОЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ
13	Режим работы	
14	Масса мини-робота, не более, кг	90
15	Габаритные размеры манипулятора, мм	1100x300x540

Манипулятор мини-робота состоит из двухпредельного пневмоцилиндра и стойки, смонтированных на модуле поворота. Для эксплуатации миниробота на его манипулятор устанавливается кисть с различными вариантами захватов. Устройство управления ЭЦПУ-6030 монтируется отдельно и соединяется с манипулятором кабелями.

Сжатый воздух подается к электропневматическим клапанам манипулятора через узел подготовки воздуха, который обеспечивает постоянство необходимого давления, подачу воздуха и смазки в пневмоцилиндре. Электропневматические клапаны установлены в манипуляторе на каждое движение. Каждый клапан снабжен дросселем, установленным на выходе, при помощи которого можно регулировать скорость движения.

Работа манипулятора производится по конечным регулируемым упорам. Амортизация выдвигания и поворота манипулятора осуществляется специальными гидравлическими демпферами. Амортизация подъема-опускания кисти осуществляется дросселированием подачи воздуха.

Последовательность и количество движений устанавливается набором программы на устройстве управления ЭЦПУ-6030 в соответствии с принятой схемой реализации технологического процесса.

Сигнал о выполнении каждого движения, за исключением захвата, выдают магнитоуправляемые электрические контакты (КЭМ) при подходе к ним постоянных магнитов, установленных на подвижных частях. Только после получения сигнала о выполнении движения происходит выдача команды на выполнение следующего движения.

При отсутствии сигнала от КЭМ о выполнении движения происходит остановка мини-робота до получения сигнала.

Промышленный мини-робот ПМР-0.5-200КВ поставляется заводом-изготовителем в комплекте с универсальной станиной со стойками. На стойках крепятся узлы робота и вспомогательное оборудование (например, ориентирующее устройство).

### 3.3 Электронное цикловое программное устройство ЭЦПУ-6030

Устройство циклового программного управления ЭЦПУ-6030 предназначено для управления манипуляторами с позиционированием по упорам и соответствующим технологическим оборудованием. Оно рассчитано на обработку 30 шагов программы.

Устройство ЭЦПУ-6030 предназначено для управления манипуляторами, имеющими двухпозиционные степени состояния, с позиционированием по упорам и соответствующим технологическим оборудованием. Конструкция устройства выполнена в виде настольного пульта (рисунок 6).

Техническая характеристика устройства ЭЦПУ-6030:

Тип системы управления	цикловая
Число управляемых звеньев манипулятора	до 6
Число звеньев, управляемых по путевому принципу	4
Число звеньев, управляемых по путевому и по временному признакам	2
Число точек останова на управляемом звене	2
Число технологических команд	6
Число блокировок	4
Число программируемых выдержек времени	1
Диапазон регулировки программируемой выдержки времени, с	от 0 до 0,7
Число кадров программы	до 30
Число выходов управления звеном манипулятора	2
Потребляемая мощность, кВт	0.2
Напряжение питания устройства 220Вс частотой 50 Гц	
Масса не более 26 кг	
Габаритные размеры	480x435x220 мм.

Устройство обеспечивает цифровую индикацию номера кадра программы. Элементная база — интегральные. Микросхемы серии К-155 в сочетании с дискретными элементами.

Устройство может работать в одном из четырех режимов:

- в ручном режиме, когда команды подаются с пульта управления путем нажатия на соответствующую кнопку;

- в командном режиме, когда устройство обеспечивает обработку одного кадра программы;
- в цикловом режиме, когда обрабатывается полный цикл программы;
- в автоматическом режиме, когда обеспечивается многократная обработка программы.

На пульте управления (рисунок 6) расположены следующие органы управления:

- а) переключатель РЕЖИМОВ РАБОТЫ, устанавливающий один из четырех режимов работы (АВТОМАТ, ЦИКЛ, КОМАНДА или РУЧНОЙ);
- б) 12 кнопок ручного управления звеньями манипулятора;
- в) кнопка ПУСК, используемая для запуска устройства;
- г) кнопка СТОП, используемая для остановки устройства, работающего по программе;
- д) кнопка СБРОС СЧК, предназначенная для обнуления счетчика кадров;
- е) кнопка +1 СЧК, предназначенная для пуска программы с произвольного шага;
- ж) кнопка СЕТЬ.

На пульте также размещены следующие элементы индикации:

- а) табло индикации состояния звеньев манипулятора;
- б) табло РАБОТА, показывающие работу устройства по программе;
- в) табло десятичной индикации номера шага СЧК;
- г) табло СЕТЬ.

Кнопка ПУСК функционирует только в режимах АВТОМАТ, ЦИКЛ, КОМАНДА.

Программоноситель выполнен в виде двух наборных полей из многопозиционных переключателей и размещен в верхней части устройства в специальной нише, закрываемой крышкой. В каждом наборном поле сгруппировано по 30 переключателей, позволяющих набрать нужный код от 0 до 9. Переключатели верхнего и нижнего полей, имеющие одинаковый номер, образуют запоминающую ячейку, в которую записывается один кадр программы.

Выключение устройства (в том числе и аварийное) осуществляется кнопкой аварийного отключения устройства, расположенной в верхней части корпуса.

Устройство предназначено для управления манипуляторами, имеющими двухпозиционные степени состояния с позиционированием по упорам, и техническим оборудованием и цеховых закрытых помещениях промышленных предприятий при температуре окружающей среды  $М0^{\circ}C$ , относительной влажности и до 80% (при  $35^{\circ}C$ ) и атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа (630 ... 800 мм рт.ст.) в среде, не содержащей агрессивных паров и газов в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию. Конструкция устройства выполнена в виде настольного пульта.

На структурной схеме ЭЦПУ-6030 (рисунок 5) показаны основной функциональный состав устройства и характерные связи между узлами и блоками. Устройство построено по принципу синхронного программного автомата с жестким циклом управления и состоит из следующих основных узлов и блоков.

В ручном режиме входы усилителей управления клапанам манипулятора подключаются к кнопкам управления степеням подвижности, расположенными на лицевой панели. Кроме них здесь расположены: кнопочный переключатель режимов; кнопки «Пуск» и «Стоп»; кнопка «Сброс СЧК»; кнопка включения сети табло индикации состояния степеней подвижности манипулятора; табло индикации работы по программе; табло индикации номера шага.

Конструктивно устройство представляет настольный пульт с размерами 480 - 435x220 мм (рисунок 6). На задней стенке устройства размещаются тумблеры задания режимов отработки и потенциометры регулировки выдержек времени. В верхней части устройства расположена закрытая крышкой панель программирования и кнопка аварийной остановки.

Устройство разработано на интегральных микросхемах 155 серии и дискретных бесконтактных элементах, что обеспечивает высокую надежность и быстродействие. Логическая часть устройства размещена на двух печатных платах размером 235x140 мм.

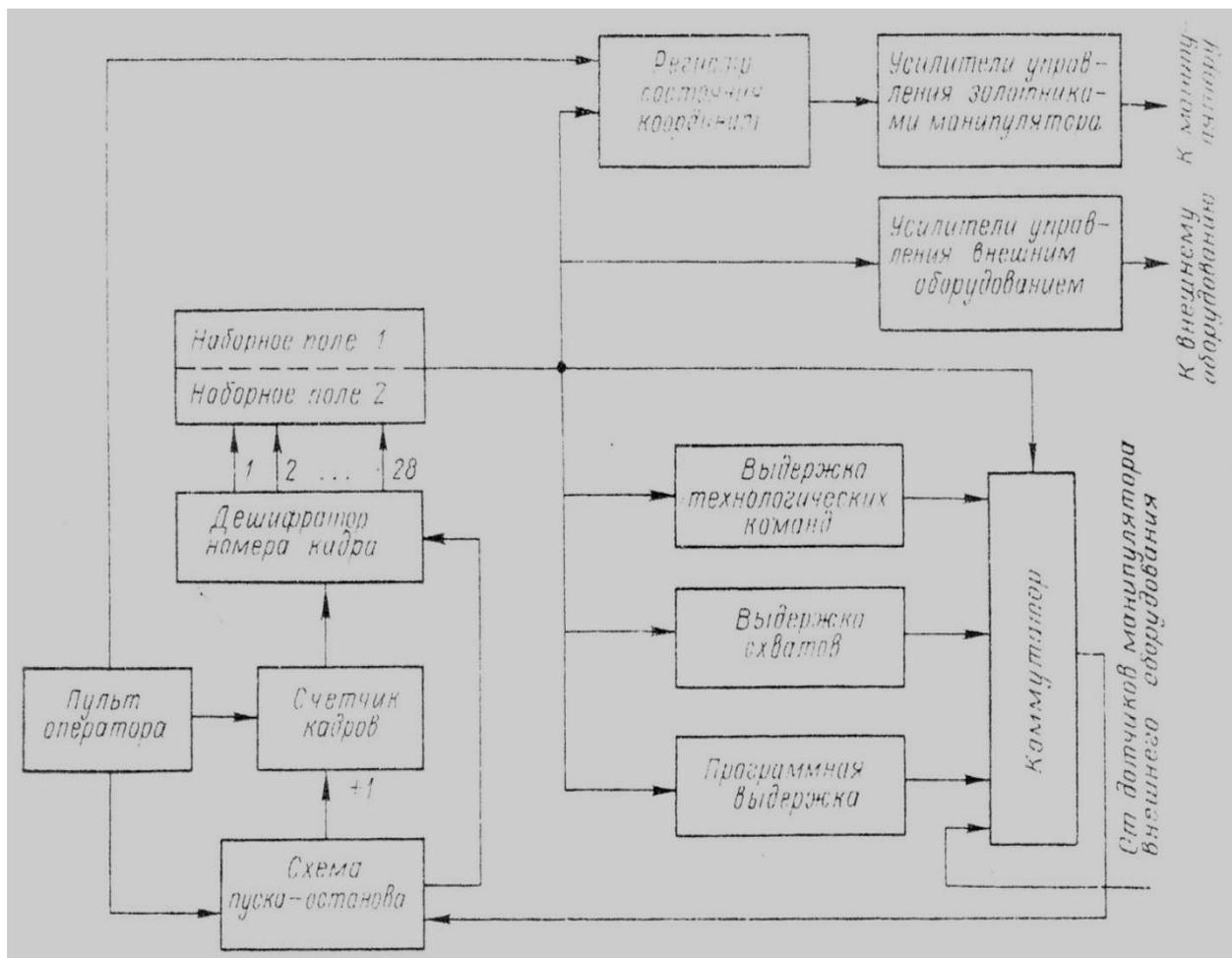


Рисунок 5 - Структурная схема управляющего устройства ЭЦПУ-6030



Рисунок 6 - Управляющее устройство ЭЦПУ-6030

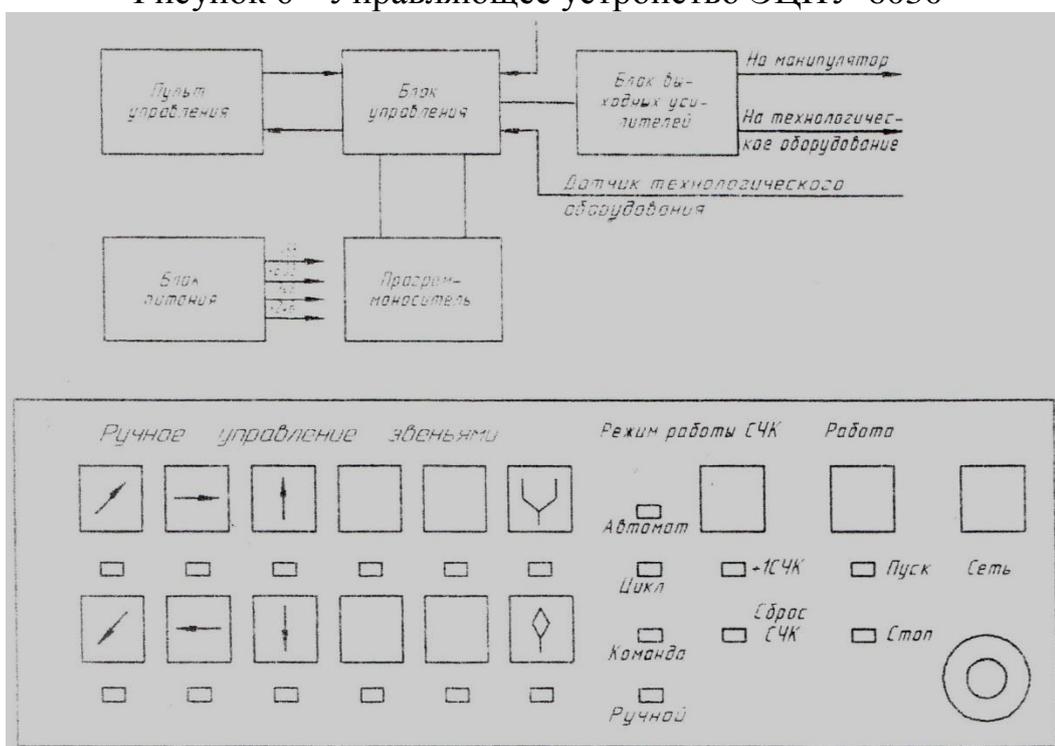


Рисунок 7 - Пульт управления

На рисунке 7 показаны основной функциональный состав устройства ЭЦПУ-6030 и характерные связи между узлами и блоками. Оно построено по принципу синхронного программного автомата с жестким циклом управления и состоит из следующих основных узлов- и блоков:

- блок управления, предназначенный для обработки информации по заданной программе и выдачи управляющих воздействий на манипулятор и технологическое оборудование;

- пульт управления, обеспечивающий задание режимов работы устройства, выполнение операций включения-выключения питания, запуска в работу, а также ручное управление звеньями манипулятора;
- программноноситель, предназначенный для набора и хранения требуемой программы работы робота;
- блок усилителей, обеспечивающий выдачу управляющих команд на распределители манипулятора и технологическое оборудование;
- блок питания, обеспечивающий питание электронного оборудования, датчиков манипулятора и технологического оборудования.

Блокуправления формирует команды управления исполнительными органами манипулятора и технологическим оборудованием на основании информации, поступающей с программноносителя, сигналов от датчиков положения звеньев манипулятора и состояния управляющих органов на пульте управления.

Пульт управления предназначен для оперативного управления устройством и отображения состояния робота.

С пульта управления 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 блок усилителей и далее на манипулятор для управления его подвижными органами. Контроль положения исполнительных органов манипулятора осуществляется с помощью табло индикации состояния звеньев манипулятора.

В режиме КОМАНДА устройство обеспечивает отработку одного кадра программы, набранной на программноносителе. 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 робота.

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 останова работающего по программе устройства. При нажатии на эту кнопку табло РАБОТА гаснет (питание устройства не выключается).

Кнопка СБРОССЧК (счетчика кадров) используется для предварительной установки счетчика кадров в начальное состояние.

Кнопка + 1 СЧК используется для изменения состояния СЧК.

Кнопка СЕТЬ предназначена для включения питания.

При работе робота по программе на табло индикации высвечивается текущий номер исполняемого кадра.

В верхней части устройства расположена красная кнопка аварийного выключения устройства.

Программоноситель выполнен в виде двух наборных полей из многопозиционных переключателей и размещен в верхней части устройства в специальной нише, закрываемой крышкой. Каждый кадр программы может содержать одну или две команды, набираемые на верхнем и нижнем полях программоносителя.

Программа составляется по циклограмме работы робота, которая разбивается по шагам. Максимальное число шагов рабочего цикла (а соответственно и программы)— 30. Программоноситель, на котором набирается программа, выполнен в виде двух наборных полей многопозиционных переключателей по 30 шт. в каждом поле

Для набора режимов работы следует составить программу, пример которой приводится в приложении.

Отладка программы производится последовательно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ и АВТОМАТ на включенном устройстве. Перед началом отладки необходимо звенья манипуляторов вывести в исходное положение в режиме ручной.

В режиме КОМАНДА, устанавливая счетчик в нулевое положение (кнопка СБРОС СЧК) и нажимая последовательно на кнопку ПУСК, отработать всю программу. Затем проверить программу в режимах ЦИКЛ и АВТОМАТ.

### **3.4 эксплуатация устройства**

При включении питания звенья манипулятора автоматически приходят в положение, которое соответствует изображению команд в нижнем ряду табло индикации и состояния звеньев манипулятора. Чтобы избежать нежелательных смещений звеньев при включении питания, звенья манипулятора перед включением сети необходимо вручную вывести в исходное положение согласно табло индикации состояния звеньев

Устройство приводится в рабочее, состояние в следующем порядке:

- нажать кнопку СЕТЬ, включить питание;
- установить режим работы РУЧНОЙ и с помощью кнопок ручного управления звеньями манипулятора вывести их в исходное положение;
- установить режим работы АВТОМАТ;
- нажать кнопку СБРОС СЧК;
- нажать кнопку ПУСК, при этом робот начнет функционировать по программе;
- перед остановкой устройства установить режим работы ЦИКЛ;
- робот обрабатывает последний цикл и останавливается, манипулятор приходит в исходное состояние;
- выключить питание устройства нажатием кнопки аварийного выключения питания.

В устройстве может быть запрограммирована выдержка времени в диапазоне 0,05... 1 с, а также проверка двух блокировочных внешних сигналов. Число шагов программы 28.

Структурная схема устройства показана на рисунке 5. Текущий номер обрабатываемого кадра программы, хранящийся в счетчике кадров, поступает на дешифратор, который адресует программоноситель (два наборных поля, состоящих из декадных переключателей ПМП-102). Общие точки переключателей объединены попарно и подключены к соответствующим выходам дешифратора. Выходы 28 переключателей каждого поля соединены параллельно. Таким образом, с программоносителя снимаются команды, набранные на переключателях.

При выполнении команды движение по какой-либо из координат на вход соответствующего триггера регистра состояния координат из памяти поступает сигнал, устанавливающий триггер в требуемое положение. Электромагниты клапанов манипулятора подключаются к выходам регистра через транзисторные усилители.

При работе по путевому принципу сигналы от датчиков манипулятора поступают на коммутатор, управляемый командами с наборного поля. В момент выхода звена в точку останова сигнал с соответствующего датчика проходит через коммутатор и схему пуска останова на вход счетчика кадров. В счетчик прибавляется единица «1» и устройство переходит к выполнению очередного такта программы.

При работе по временному принципу, соответствующей командой с наборного поля, запускается формирователь выдержки времени (выдержка схватов). По окончании выдержки в счетчик кадров добавляется единица «1».

Технологические команды могут обрабатываться с подтверждением исполнения или по времени. С наборного поля технологические команды поступают непосредственно на усилители. Обработка технологических команд производится аналогично обработке команд движения.

При исполнении команд проверки блокировок через коммутатор опрашиваются соответствующие датчики, установленные на внешнем оборудовании или манипуляторе. Если с датчика приходит разрешающий сигнал, устройство переходит к следующему шагу. В противном случае устройство ожидает прихода разрешающего сигнала.

В автоматическом режиме из памяти последовательно считываются команды программы (кадры). При считывании кодовой комбинации «Конец программы» счетчик кадров устанавливается в исходное положение.

В режиме «Цикл» все программы выполняются только один раз. При выполнении последней команды «Конец программы» вместе со сбросом счетчика сбрасывается схема пуска —останова. Работа по программе прекращается. В режиме «Команда» выполняется только одна записанная в памяти команда.

#### 4 Составление, набор и отладка программы

Составление программы начинается с записи цепочки логической последовательности срабатывания всех элементов робота и технологического оборудования (кадров программы). При этом необходимо предусмотреть все движения манипулятора, необходимые для осуществления требуемой последовательности перемещения и обработки детали.

Составление программы всегда целесообразно сочетать с построением циклограммы, на которой по оси абсцисс отработка той или иной команды откладывается в масштабе времени. Время отработки команды определяется из паспортных данных промышленного робота и оборудования и может быть рассчитано по формуле

$$t = \frac{S}{V} \text{ или } t = \frac{\alpha}{\omega}$$

- где
- величина линейного перемещения, м;
  - величина углового перемещения, град;
  - скорость линейного перемещения, м/с;
  - скорость углового перемещения, град/с.

Циклограмма строится в виде графика, данные которого приведены в таблице 3. После построения циклограммы определяется общее время цикла ( $T_{\text{ц}} = \Sigma$ ).

Таблица 3 - Данные для построения циклограммы

№ ком.	Команда	Код		Врем: (с)	Циклограмма
1	2	3		4	
1	поворот (вправо)	1/0		0,9	
2	выдвижение захвата опускание захвата	3/0		1,0	
3		0/1		0,35	
4	захват заготовки	0/5		0,3	
5	подъем захвата	0/2	4/2	0,35	
6	втягивание захвата	4/0		1,0	
7	поворот (влево)	2/0		0,9	
	и т. д.				

Набор программы робота осуществляется путем набора соответствующих сочетаний чисел (кодов) на программноносителе ЭЦПУ-6030. На наборной секции на верхней и нижней строках набираются цифровые коды, обеспечивающие выполнение той или другой команды заданной программы. В каждом кадре может быть записана одна или две команды, набранные на верхнем и нижнем поле программноносителя. Стандартные коды команд приведены в таблице 4.

Система стандартных команд разбита на 4 группы:

- 1) команды управления звеньями манипулятора (12 команд),
- 2) команды управления технологическим оборудованием (6 команд),
- 3) команды опроса датчиков (4 команды) и «выдержка времени» (команды опроса используются для проверки блокировочных сигналов со спецдатчиков, расположенных на манипуляторе или технологическом оборудовании);
- 4) команды управления - пропуск кадра, переход к нужному кадру и т. д.

Если в кадре при программировании соответствующая команда набирается на верхнем или нижнем поле, а на другом поле набирается цифра 0, то данный кадр состоит из одной команды. Кадр совместной обработки формируется из двух команд, например, «вперед» и «вверх» могут быть записаны в двух кадрах 3/0; 0/2, в одном 3/2. Кадры совместной обработки используются для оптимизации программы с целью уменьшения общего времени цикла.

После составления и набора программы на программноносителе необходимо проверить ее выполнение сначала в режиме «КОМАНДА», а затем в режиме «ЦИКЛ». Если все команды отрабатываются промышленным роботом правильно, то пульт управления переключается в режим «АВТОМАТ» и РТК начинает работать в автономном режиме.

Таблица 4 - Стандартные коды команд

Группа	Команда	Название команды	Код	
			Верхнее поле	Нижнее поле
	1	Звено 1-1 поворот вправо	2	0
	2	Звено 1-2 поворот влево	1	0
	3	Звено 2-1 рука вперед	3	0
	4	Звено 2-2 рука назад	4	0
	5	Звено 3-1 опускание захвата	0	2
1	6	Звено 3-2 подъем захвата	0	1
	7	Звено 4-1	0	3
	8	Звено 4-2	0	4
	9	Звено 5-1 присоски включ.	5	0
	10	Звено 5-2 присоски выкл.	6	0
	11	Звено 6-1 вкл. захвата	0	5
	12	Звено 6-2 выкл. захвата	0	6

	13	Техкоманда 1	9	1
	14	Техкоманда2	9	2
2	15	Техкоманда3	9	3
	16	Техкоманда4	9	4
	17	Техкоманда5	9	5
	18	Техкоманда6	9	6
	19	Опрос 1	7	0
3	20	Опрос 2	8	0
	21	Опрос 3	0	7
	22	Опрос 4	0	8
	23	Выдержка времени	0	9
	24	Пропуск	9	7
	25	Переход	9	8
4	26	Остановка	9	9
	27	Конец программы	0	0

Кадр совместной отработки формируется из двух команд. Он набирается в одном шаге на верхнем и нижнем полях. Переход к следующему шагу происходит только после отработки команд управления звеньями манипулятора, набранных на программоносителе.

Технологическая команда — команда управления технологическим оборудованием. В кадре программы может быть набрана только одна технологическая команда.

Команда **ВЫДЕРЖКАВРЕМЕНИ** служит для введения задержки между шагами программы. В этом случае в коде команды вместо знака \* набирается цифра 0. С помощью команды **ВЫДЕРЖКАВРЕМЕНИ** может быть реализован и режим совместной отработки команд, в котором одна команда начинает обрабатываться спустя данное время в зависимости от того, сколько раз был набран код 09 после начала другой.

Команда **ПРОПУСК** служит для организации пропуска одного кадра программы при выполнении внешнего условия. В случае, если не приходит сигнал с 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 —24 В, то пропуск кадра не происходит.

Команда **ПЕРЕХОД** служит для организации условного перехода к фиксированному шагу с произвольного места программы. Условный переход выполняется при отсутствии на входе устройства —24 В; если сигнал —24 В присутствует, то переход не выполняется, и устройство переходит к исполнению шага, следующего за командой **ПЕРЕХОД**.

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.

В режиме ЦИКЛ, кроме того, при выполнении команды КОНЕЦ ПРОГРАММЫ производится останов устройства.

Для набора режимов работы следует составить программу, пример которой приводится в таблице 3. Отладка программы производится последовательно в режимах КОМАНДА, Ц И КЛ и АВТОМАТ на включенном устройстве. Перед началом отладки необходимо звенья манипуляторов вывести в исходное положение в режиме РУЧНОЙ.

В режиме КОМАНДА, устанавливая счетчик в нулевое положение кнопкой СБРОС С Ч К и нажимая последовательно на кнопку ПУСК, отработать всю программу. Затем программу проверить в режимах ЦИКЛ и АВТОМАТ.

## 5 Подготовка к работе

Подготовка к работе робота ПМР-0.5-200КВ сводится к приведению в готовность его составных частей:

- манипулятора;
- пневмооборудования;
- устройства ЭЦПУ-6030.

По манипулятору проводится проверка наличия масла и смазки, установка упоров, регулировка амортизаторов.

По пневмооборудованию:

- откройте запорный вентиль;
- установите редукционным клапаном по манометру давление воздуха 4 МПа (4 кг/см<sup>2</sup>).

По устройству ЭЦПУ-6030:

- включите питание нажатием кнопки "Сеть". При этом загорается лампочка "Сеть";
- поставьте кнопочный переключатель режимов в положение "Ручной";
- проверьте в ручном режиме готовность к работе робота: по скорости перемещения каждой степени подвижности, по эффективности торможения в конце установленных ходов механизмов выдвигания и поворота руки.

Программа выполнения работы

- Изучить функциональную схему, принцип действия и конструктивные особенности системы управления.
- Визуально освоить систему управления ЭЦПУ-6030. Осмотреть пульт управления. Точно знать функциональное назначение каждой клавиши и изображения табло пульта управления.
- Внешне осмотреть робот ПМР-0,5– 00 КВ. Усвоить направления перемещения звеньев манипулятора (передвигая их вручную).

Отчитаться перед преподавателем в знаниях функционального назначения управляющих органов — пульта управления системы ЭЦПУ-6030. В соответствии с разделом «Эксплуатация устройства» ЭЦПУ-6030» практически освоить все режимы работы системы управления. В режиме РУЧНОЙ произвести отработку всех команд управления роботом.

- Составить алгоритм функционирования робота. Число шагов должно быть не менее 7 и не более 15. Записать в каждом шаге код кадра, соответствующий словесному описанию алгоритма. Программа должна быть оформлена в виде таблицы (аналогично табл. 1.2).
- Набрать программу на программоносителе. Отладка программы произвести последовательно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ и АВТОМАТ.

Продемонстрировать преподавателю функционирование робота по составленной программе. По указанию преподавателя, воспользовавшись командами 15, 16, 17, 18 (одной или несколькими) из табл. 1.1, усложнить программу. Модифицированную программу отладить и вновь продемонстрировать преподавателю.

## **6 Отчет о работе**

Отчет должен содержать:

1. задание;
2. алгоритм программы;
3. результаты отладки программы работы робота;
4. особенности работы системы управления в различных режимах;
5. результаты работы программы с дополнительными командами;
6. выводы.

Пункт 2 отчета должен содержать таблицу (аналогичную таблице 3), в которой приводится словесное описание алгоритма движения робота и программа в виде кодов кадров; краткое обоснование составления алгоритма, т. е. сопоставления алгоритма некоторой технологической операции, где возможна аналогичная последовательность движений робота.

Пункт 3 отчета должен содержать сведения о ходе программирования и об отладке программы робота: перечень ошибок при программировании и отладке, их внешнее проявление, причины, номер шага программы, способ устранения ошибок программирования.

Пункт 4 отчета должен содержать сведения о различных режимах системы управления ЭЦПУ-6030: привести сравнительную оценку функциональных возможностей различных режимов и использования их при программировании и отладке.

Пункт 5 отчета должен включать описание дополнительных изменений в ранее составленной программе работы робота. В нем следует показать, как эти изменения повлияли на программирование и отладку, описать, какие возможности представляют внесенные команды при выполнении каких-либо технологических операций.

В выводах отмечается соответствие работы робота программе указываются достоинства и недостатки цикловых систем управления роботами.

## **6 Порядок выполнения работы**

1. Выбрать технологический процесс, подлежащий программированию и кратко описать его, например, в форме - ПР берет с ориентирующего устройства заготовку, подает ее на позицию штамповки, после штамповки убирает из штампа готовую деталь. Записать в графе циклограммы (см. таблица 4) последовательность команд для робота, пресса и т. д., обеспечивающих отработку выбранного техпроцесса.
2. Пользуясь таблицей 1 закодировать команды. Коды записать в графу 3 циклограммы.
3. В графе 4 циклограммы записать время выполнения команд.
4. Построить в графе 5 циклограмму и определить Тц.
5. Произвести оптимизацию программы, скорректировать коды команд и циклограмму.
6. Отработать все команды в ручном режиме.
7. Набрать программу на программоносителе и отладить.
8. Проверить правильность отработки набранных команд в режиме "КОМАНДА".
9. Проверить программу в режимах "ЦИКЛ" и "АВТОМАТ".
10. Сделать выводы по работе.

## **7 Контрольные вопросы**

16. Объяснить принцип позиционирования в цикловых работах.
17. Изобразить графически укрупненную схему цикловых систем управления и указать функциональное назначение блоков.
18. Назвать виды программоносителей и методы записи программ и цикловых системах управления.
19. Объяснить функциональное назначение следующих команд в системе ЭЦПУ-6030: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМАНДА, ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ, ПРОПУСК, ПЕРЕХОД, ОСТАНОВ, КОНЕЦ ПРОГРАММЫ.
20. Объяснить функциональные возможности системы ЭЦПУ-6030 в режимах: РУЧНОЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.
21. Что такое работа по путевому принципу?
22. Что такое работа по временному принципу?
23. Объяснить функциональное назначение обратной связи в цикловых системах управления.
24. В каких технологических процессах допускается применение цикловых роботов.
25. Для чего нужна и как строится циклограмма?
26. Для чего и как производится оптимизация программы?
27. Объяснить принцип позиционирования в цикловых работах.
28. Как кодируется и набирается программа?
29. Изобразить графически укрупненную схему цикловых систем управления и указать функциональное назначение блоков.

30. Назвать виды программносителей и методы записи программ цикловых системах управления.
31. Объяснить функциональное назначение следующих команд в системе ЭЦПУ-6030:ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯКОМАНДА, ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ, ПРОПУСК, ПЕРЕХОД, ОСТАНОВ, КОНЕЦ ПРОГРАММЫ.
32. Объяснить функциональные возможности системы ЭЦПУ-6030 в режимах: РУЧНОЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ
33. Объяснить функциональное назначение обратной связи в цикловых системах управления.
34. В каких технологических процессах допускается применение и цикловых роботов?