

621-5
0-75

3462



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

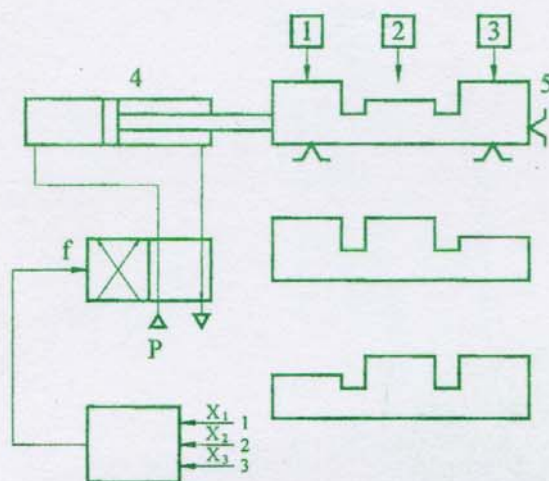
Кафедра «Конструирование и производство приборов»

ОСНОВЫ АВТОМАТИКИ

Лабораторные работы (практикум)

В 2 частях

Часть 2



Минск 2009

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Конструирование и производство приборов"

**ОСНОВЫ
АВТОМАТИКИ**
Лабораторные работы (практикум)

В 2 частях

Часть 2

Минск 2009

УДК 671.1

В.Т.Минченя, А.Л.Савченко, М.И.Филонова

Рецензенты: Смирнов В.Г., Самойленко А.В.

Методическое пособие предназначено для студентов специальности "Механические и электромеханические аппараты и системы", а также для студентов изучающих дисциплины "Основы автоматики и автоматизация производственных процессов", "Автоматизация производственных процессов в ювелирной промышленности". Пособие включает в себя основные лабораторные работы по читаемым курсам.

Первая часть «Основы автоматики» вышла в издательстве «Технопринт» в 2003 году.

Содержание

Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ	4
Методические указания по выполнению работ	5
Лабораторная работа № 1 Исследование работы вибрационного грузозачного устройства	7
Лабораторная работа № 2 Изучение конструкций питателей	34
Лабораторная работа № 3 Изучение конструкций устройств для перемещения заготовок и исследование проходимости лотков	43
Лабораторная работа № 4 Исследование систем нечислового управления отдельными циклами технологической машины	56
Лабораторная работа № 5 Синтез системы автоматического управления (САУ) на логических элементах	65
Лабораторная работа № 6 Изучение цифровых систем управления технологическим оборудованием	83
Лабораторная работа № 7 Изучение релейных контактных и бесконтактных систем управления технологическим оборудованием	89
Лабораторная работа № 8 Средства автоматизации основных операций в ювелирном производстве	99
Лабораторная работа № 9 Составление структурных схем автоматизированных систем контроля	110

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выполнение лабораторных работ связано с эксплуатацией различных лабораторных установок и приборов. Поэтому каждый студент должен пройти инструктаж по правилам техники безопасности с записью в специальном журнале.

Перед началом лабораторной работы студент должен:

- ознакомиться с заданием и лабораторной установкой;
- иметь на рабочем месте только те предметы и оборудование, которые необходимы для выполнения работы.

В процессе выполнения работы студент должен:

- начинать выполнение работы и включать оборудование только с разрешения преподавателя;
- соблюдать описанный в методических указаниях порядок выполнения работы;
- при возникновении аварийной ситуации сообщать о случившемся преподавателю.

Запрещается:

- включать оборудование, не относящееся к выполняемой работе;
- оставлять включенное оборудование без присмотра;
- отвлекать товарищей, выполняющих другие лабораторные работы;
- оставаться в лаборатории при выполнении работы одному.

После окончания лабораторной работы студент должен:

- выключить лабораторную установку и привести в порядок рабочее место;
- доложить об окончании работы преподавателю.

Помещение лаборатории по степени опасности поражения электрическим током относится к категории II – помещение с повышенной опасностью, то есть сухое отапливаемое помещение с относительной влажностью воздуха не выше 75% и температурой от 5 до 30°C, напряжение 220/380В, токопроводящие полы, возможность прикосновения к элементам системы центрального отопления. Большая часть лабораторных установок питается от сети 220 В, поэтому требуется соблюдать меры электробезопасности:

- не допускать одновременного прикосновения к металлическим корпусам электроустановок и металлоконструкциям, имеющим соединение с землей;
- при возникновении нарушений в работе электрооборудования обесточить лабораторию;
- при обнаружении нарушений защитного заземления доложить об этом преподавателю;
- не нарушать маркировку розеток и элементов оборудования, расположение информационных табличек.

В некоторых лабораторных установках используются ртутные термометры. Ртуть относится к токсичным материалам, предельно допустимая концентрация паров ртути в рабочем помещении 0,01 мг на 1 м³. Поэтому при повреждении термометра следует немедленно доложить преподавателю о случившемся, капельки ртути должны немедленно убираться с пола.

В некоторых лабораторных установках используется пневматическое оборудование, работающее при высоком давлении. Поэтому перед началом работы требуется осмотреть трубопроводы на предмет обнаружения повреждений, которые могут привести к просачиванию воздуха. При обнаружении просачивания воздуха в процессе работы следует немедленно выключить оборудование и доложить о случившемся преподавателю.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

Каждая лабораторная работа включает большое количество теоретического материала, который не может быть усвоен в полном объеме в процессе лабораторных занятий. Поэтому студентам рекомендуется выполнять предварительную подготовку, которая включает изучение теоретического материала и оформление заготовки отчета. Качество усвоения предложенного материала студент контролирует самостоятельно, в том числе с помощью ответов на контрольные вопросы, приведенные в конце каждой работы. В процессе лабораторного занятия студент выполняет практическую часть работы, обработку результатов и окончательно оформляет отчет, после чего защищает его путем ответов на вопросы, поставленные преподавателем.

Отчет оформляется на листах формата А4 и включает титульный лист, цель работы, результаты в соответствии с разделом «Содержание отчета» и, при необходимости, выводы. Образец титульного листа показан ниже.

Результаты измерений в лабораторных работах представляются в соответствии с ГОСТ 8.207-76. При статистической обработке результатов (число измерений n не менее 5) считается, что результаты принадлежат нормальному распределению и выполняются следующие операции:

исключить известные систематические погрешности из результатов наблюдений;

вычислить среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений (\tilde{A}) , принимаемое за результат измерения;

вычислить оценку среднего квадратического отклонения результата наблюдения по формуле:

$$\sigma(\tilde{A}) = \sqrt{\left(\frac{1}{n(n-1)}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{A})^2},$$

где x_i – измеренное значение; (\tilde{A}) – среднее арифметическое;

вычислить доверительные границы погрешности результата измерения по формуле

$$\varepsilon = t \cdot \sigma(\tilde{A}),$$

где t – коэффициент Стьюдента, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и числе результатов наблюдений $n = 5$ $t = 2,776$; при $n = 4$ $t = 3,182$.

Результат представляется в виде: $(\tilde{A}) \pm \varepsilon, P = 0,95$.

Пример титульного листа отчета

Белорусский национальный технический университет

Приборостроительный факультет

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

Группа 113215

Отчет по лабораторной работе №1
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИБРАЦИОННОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

Выполнил

Кирпичев С.В.

Принял

Минченя В.Т.

Минск, 2008

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИБРАЦИОННОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

Цель работы: ознакомиться с конструкцией и работой вибрационных загрузочных устройств. Исследовать влияние амплитуды колебаний вибробункера на производительность загрузочного устройства. Исследовать влияние зазора между якорем и сердечником на производительность вибробункера. Произвести регулировку вибробункера с целью получения отрывного и безотрывного движения заготовок по лотку.

Оборудование и принадлежности к работе

- | | |
|---|----------|
| 1. Лабораторный макет вибрационного загрузочного устройства | |
| | – 2 шт.; |
| 2. Прибор для измерения амплитуды колебаний чаши бункера ВВ-10Н | |
| | – 1 шт.; |
| 3. Регулируемый источник питания | – 1 шт.; |
| 4. Цифровой счетчик деталей с таймером ГХ-001 | – 1 шт.; |
| 5. Мультиметр | – 1 шт.; |
| 6. Прибор для измерения амплитуды колебаний чаши бункера | |
| | – 1 шт.; |
| 7. Источник питания | – 1 шт.; |
| 8. Набор измерительных плоских щупов | – 1 шт. |

Основные положения

В автоматизированном производстве штучных изделий вибрационными питателями называют вибрационные машины, осуществляющие межоперационное транспортирование и автоматическое питание рабочего оборудования изделиями. К таким машинам относятся вибрационные бункерные загрузочные устройства (ВБЗУ), осуществляющие разделение и ориентирование поступающих навалом штучных изделий. Применяются ВБЗУ с несимметричным циклом колебаний лотка и с симметричным (гармоническим) циклом. Движение заготовок по лотку может осуществляться без отрыва от поверхности (безотрывный режим) и в отрывном режиме, при котором заготовка часть каждого цикла движется, не касаясь поверхности транспортирующего лотка. Основными достоинствами ВБЗУ являются: отсутствие трущихся частей (долговечность), малое потребление энергии (экономичность), пригодность для автоматической загрузки широкого ассортимента деталей, в том числе деталей из малопрочных и хрупких материалов, а также пригодность к быстрой и простой переналадке на различные типоразмеры деталей (универсальность), возможность быстрого удобного регулирования производительности (легкая управляемость) безотказность в работе.

Для создания возмущающей силы применяют вибраторы различных типов: механические, пневматические, гидравлические, электромагнитные. Механический вибратор основан на принципе периодического толкания направляющего лотка, подвешенного на торсионных пружинах. Возмущающая сила может создаваться эксцентриком, насаженным на вал электродвигателя. Пневматические поршневые вибраторы состоят из цилиндра поршня, совершающего возвратно-поступательное движение под действием сжатого воздуха. Гидравлические вибраторы аналогичны пневматическим. Те и другие во время работы создают сильный шум. Электромагнитный вибратор приводится в действие переменным или пульсирующим током. В качестве возмущающей силы в нем действует сила электромагнитного притяжения якоря электромагнита [1,2].

Конструкции ВБЗУ

Всякое вибрационное загрузочное устройство состоит из рабочего органа – чаши, нижней реактивной массы – основания привода загрузочного устройства – вибратора и упругой системы.

В счетных и счетно-расфасовочных автоматах обычно применяются вибрационные питатели с электромагнитным приводом, представляющим собой электромагнит, работающий от переменного или пульсирующего тока.

Одна из конструкций вибрационного загрузочного устройства для подачи мелких плоских деталей приведена на рисунке 1.1. Устройство состоит из чаши 1, на внутренней поверхности которой выточен спиральный лоток. Детали, засыпанные в чашу бункера, соскальзывают по коническому днищу 2 к стенкам чаши. Вибрирующая поверхность чаши бункера заставляет заготовки перемещаться по лотку вверх. Днище чаши 3 укреплено на трех наклонных цилиндрических пружинных стержнях 4. Стержни 4 расположены таким образом, что проекция их на горизонтальную плоскость перпендикулярна к радиусам в точках крепления их к днищу 3. Привод питателя осуществляется от трех электромагнитных вибраторов 5, установленных на нижней плите 6. Для виброизоляции все бункерно-загрузочное устройство установлено на витых цилиндрических пружинах 7 сравнительно небольшой жесткости.

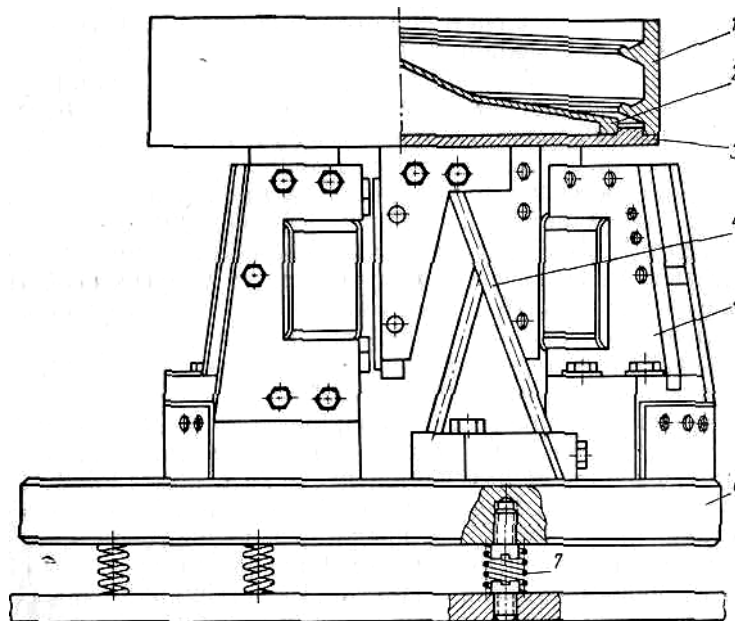


Рисунок 1.1 – Вибрационное загрузочное устройство счетного автомата с тремя тангенциальными вибраторами

Пружинные стержни 4, соединяющие чашу 1 с нижней плитой 6, являются упругим элементом двухмассовой колебательной системы. Собственная частота этой системы настраивается на 3...5% выше частоты возмущающего усилия, чем достигается стабильность работы устройства при сравнительно малой величине возмущающего усилия.

Наклонное расположение стержней 4 по окружности обуславливает колебания чаши 1 по винтовой линии, чем достигается перемещение деталей вверх по спиральному лотку чаши. Использование цилиндрических стержней вместо применяемых иногда плоских пружин целесообразнее по следующим соображениям. Частота собственных колебаний вибропитателя должна быть вполне определенной, и зависит она от жесткости пружин, на которых подвешена чаша питателя. Поскольку пружины вибрационного загрузочного устройства расположены по окружности, то во время колебаний направ-

ление их изгиба будет переменным. Жесткость пластинчатых рессорных пружин значительно зависит от направления их изгиба, поэтому жесткость каждой пружины, закрепленной в системе питателя, будет зависеть от точности ее установки. Неодинаковая установка совершенно одинаковых пружин, на которых подвешивается чаша питателя, приведет к их разной жесткости, в результате чего нормальное движение деталей по лотку чаши будет нарушено и потребуются дополнительная работа по настройке питателя.

Жесткость круглых цилиндрических стержней при изгибе их в любом радиальном направлении одинакова, и поэтому жесткость всей системы в целом и каждого стержня в отдельности меньше зависит от качества сборки. Расчет упругих свойств цилиндрических стержней, а следовательно, и параметров собственных колебаний вибропитателя прост и точен.

На рис. 1.2 показаны конструкция вибратора и способ крепления пружинных стержней. Статор вибратора выполнен из набора пластин электротехнической стали, пакет которых 4 закреплен в стойке 2, прикрепляемой болтами к нижней плите 1. На средний выступ пакета 4 надевается катушка с обмоткой 3. Якорь вибратора также выполнен из набора пластин электротехнической стали, пакет которых 5 крепится к кронштейну 6. Кронштейн 6 вместе с верхним башмаком 9 крепления пружины соединяется с днищем бункера. Наклонные цилиндрические стержни 7 закрепляются клеммовым зажимом в верхнем 9 и нижнем 8 башмаках.

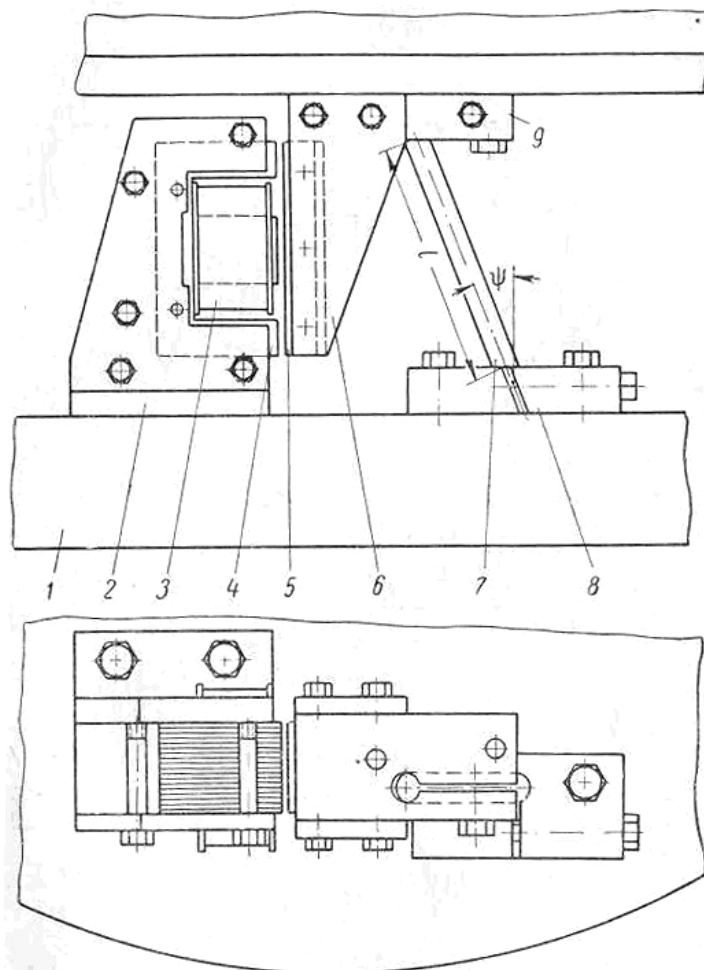


Рисунок 1.2 – Конструкция вибратора и способ крепления пружинных стержней трехмагнитного питателя

Применение вибрационного загрузочного устройства с тремя тангенциальными вибраторами целесообразно при необходимости высокой скорости движения деталей, когда угол наклона цилиндрических стержней ψ должен быть менее 15° . В этом случае размеры вибраторов получаются меньше, чем вертикального вибратора, так как требуемое возмущающее усилие в вертикальном направлении при $\psi < 15^\circ$ становится значительно больше, чем в горизонтальном.

При сравнительно невысоких скоростях движения деталей, когда угол ψ должен быть больше 15° , а также при малых размерах вибропитателей, когда потребляемая мощность невелика, целесообразнее применять один вертикальный вибратор. Изготовление одного вертикального вибратора дешевле, а установка и регулировка его значительно проще, чем трех тангенциальных.

Конструкция вибрационного загрузочного устройства с одним вертикальным вибратором для подачи цилиндрических деталей показана на рис. 1.3. Устройство состоит из чаши 13, на внутренней цилиндрической поверхности которой выполнена спиральная канавка призматической формы, в которой вмещаются цилиндрические детали в один ряд. Чаша 13 вместе с конусом 12 крепится к днищу 11. Днище вибропитателя укреплено на трех наклонных цилиндрических пружинных стержнях 2, закрепленных зажимами в верхнем 1 и нижнем 5 башмаках. Стержни, как и в предыдущей конструкции, расположены таким образом, что проекция их на горизонтальную плоскость перпендикулярна к радиусу в точках крепления их к днищу.

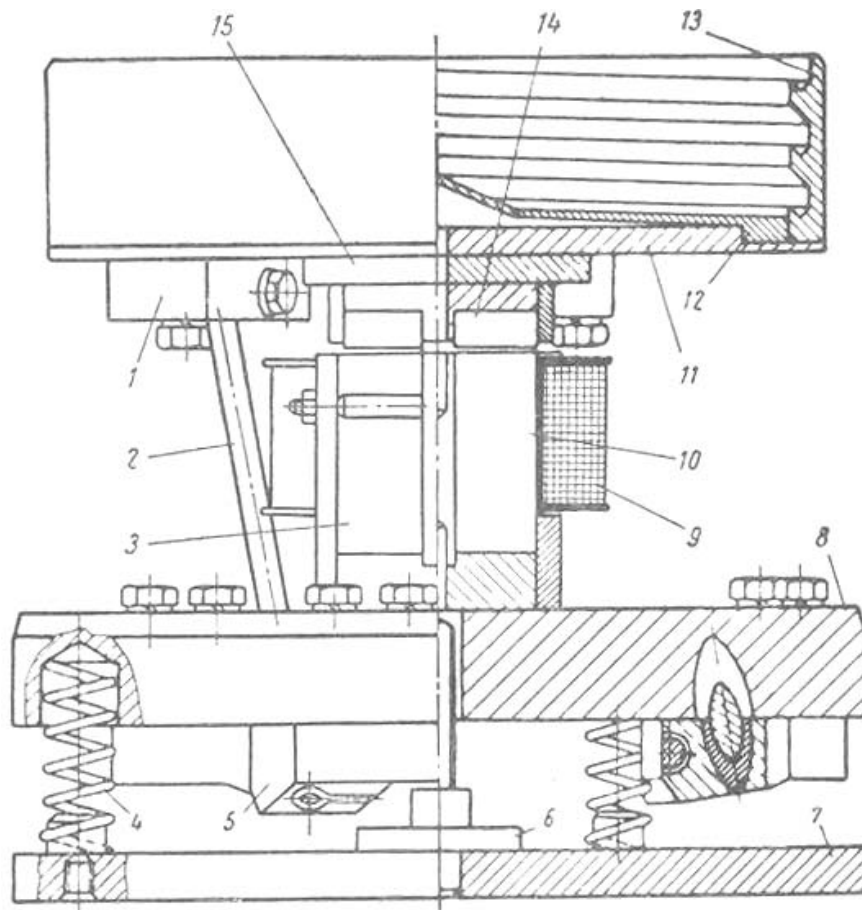


Рисунок 1.3 – Вибрационное загрузочное устройство с одним вертикальным вибратором

Для уменьшения габаритов питателя при определенной рабочей длине пружинных стержней 2 крепление их к нижней плите 5 осуществляется зажимами 5 с нижней стороны плиты.

Привод питателя осуществляется от вертикального электромагнитного вибратора 3, установленного в центре плиты 8. Якорь вибратора 14 выполнен из пластин электротехнической стали, пакет которых при помощи планок крепится к основанию якоря.

Для изоляции днища бункера от проникновения магнитных силовых линий, которые могут намагничивать подаваемые детали, между основанием якоря и днищем установлена алюминиевая прокладка 15. Сердечник электромагнита состоит из набора Ш-образных пластин 10, изготовленных из электротехнической стали, прикрепляемых к основанию вибратора при помощи планок. На средний выступ набора надевается катушка 9 с обмоткой, через которую пропускается переменный ток.

Вертикальные колебания якоря вибратора за счет изгиба наклонных стержней 2 преобразуются в колебания чаши питателя по винтовой линии. Такое колебательное движение заставляет детали, лежащие на поверхности конуса 12, сползать к спиральной канавке и подниматься по ней вверх.

Для виброизоляции грузозачное устройство установлено на трех витых цилиндрических пружинах 4 сравнительно небольшой жесткости. Устранение чрезмерной подвижности питателя достигается установкой на основании 7 оси 6 с резиновой втулкой, которая входит в отверстие плиты 8 с небольшим зазором. Эта ось, обеспечивая амортизированной системе две степени свободы: перемещение по вертикали и вращение вокруг вертикальной оси, ограничивает возможность остальных перемещений.

В этой конструкции предусмотрена возможность регулирования жесткости упругой системы, а, следовательно, и резонансной настройки питателя. Необходимость регулирования резонансной настройки вызывается тем, что при проектировании вибрационного питателя не всегда удается точно определить массы и моменты инерции частей питателя из-за их сложной конфигурации. Поэтому частота собственных колебаний системы изготовленного вибропитателя может несколько отличаться от расчетной. Отклонение даже на несколько герц от резонансной области требует увеличения возмущающего усилия для привода питателя в несколько раз. Это особенно существенно для средних и крупных питателей.

Точное регулирование частоты собственных колебаний, а при постоянном усилии вибратора и производительности питателя, осуществляется при помощи устройства, показанного на рис. 1.4. Пружинные стержни 11 упругой системы вибропитателя зажимаются в верхнем 10 и нижнем 4 башмаках через каленые разрезные втулки 3 и 9. Нижний башмак 4 крепится к плите 1 болтами 6 и штифтом 5. Рабочей длиной стержня, определяющей резонансную настройку питателя, является его длина l между втулками 3 и 9. Втулки выполнены калеными для предупреждения их смятия в процессе работы. Втулка 3 в нижнем башмаке может при отпуске болта 8 зажима 4 перемещаться вдоль стержня на определенное расстояние, а затем зажиматься в нужном положении, при этом будет меняться рабочая длина стержня.

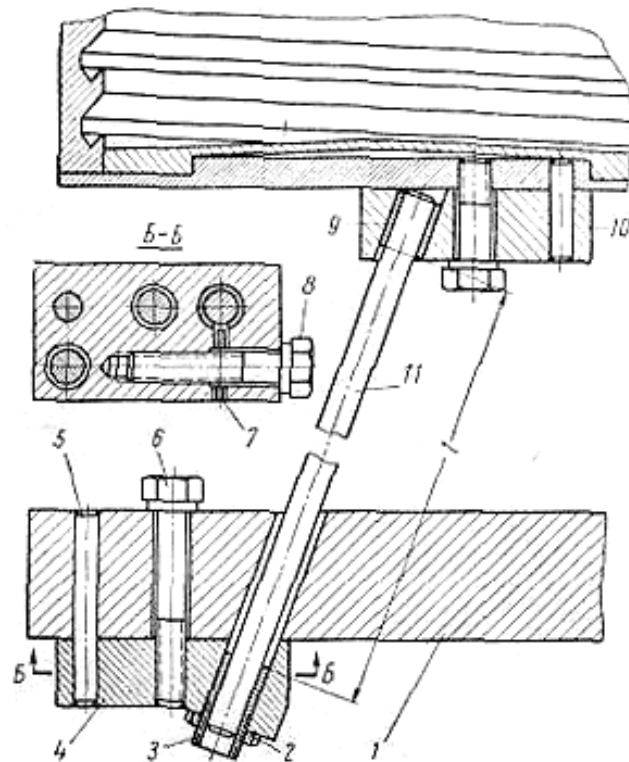


Рисунок 1.4 – Устройство для точного регулирования собственной частоты питателя

Для удобства регулирования рабочей длины стержня на части втулки нарезана резьба, и выдвижение ее осуществляется гайкой 2. Для того чтобы при вращении гайки втулка не поворачивалась, в разрез зажима и втулки вставляется тонкая прямоугольная прокладка 7.

При необходимости подачи разнообразных мелких деталей весьма удобна конструкция вибрационного питателя с быстросменной конической чашей, показанная на рис. 1.5. Быстрая замена подающей чаши позволяет легко переходить с подачи одних деталей на подачу других.

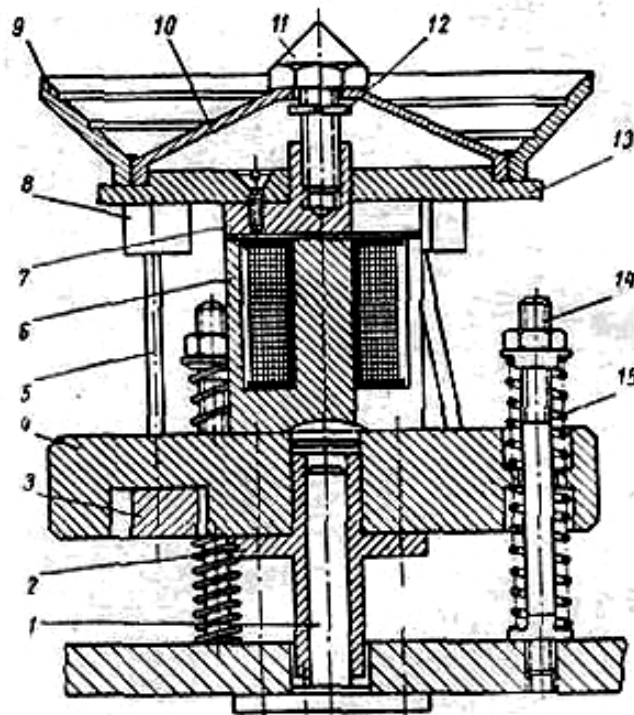


Рисунок 1.5 – ВБЗУ с быстросменными коническими чашами

Вибропитатель состоит из съемной конической чаши 9, на внутренней поверхности которой выполнена спиральная канавка по форме загружаемых деталей. Чаша 9 скреплена с коническим дном 10 и при помощи болта 11 крепится к основанию 13. Основание подвешено на трех наклонных цилиндрических пружинных стержнях 5, которые при помощи верхних 5 и нижних 3 башмаков с клеммовыми зажимами прикреплены к основанию 13 и нижней плите 4 питателя. Магнитопровод электромагнита 6 выполнен из железа «Армко» в виде стакана цилиндрической формы с сердечником. Для уменьшения вихревых токов в стакане сделаны три продольных разреза. На сердечник надета катушка с обмоткой. Якорь вибратора 7, также выполненный из железа «Армко», крепится к основанию 13.

Для виброизоляции питатель опирается на двойные цилиндрические пружины 15, которые дают возможность при помощи гайки на шпильке 14 регулировать по высоте положение чаши относительно рабочих органов автомата.

Устойчивость вибропитателя в горизонтальном направлении обеспечивается осью 1, входящей во втулку 2, скрепленную с плитой 4,

Коническая форма чаши обеспечивает удобство подачи деталей на позицию счёта, а также удобство замены чаш для различных деталей.

Для смены чаши достаточно отвернуть болт 11, который при помощи шайбы 12 снимает чашу с посадочного места.

Чаши вибрационных бункерно-загрузочных устройств могут изготавливаться из стали, дюралюминия, силумина, эбонита, оргстекла. Поскольку загрузочное устройство должно обеспечивать высокую скорость подачи деталей, то чаши желательно делать цельными, точеными. В этом случае из-за большей жесткости лотков скорость движения деталей по лоткам вибропитателей получается более равномерной. Для уменьшения времени выхода деталей из чаши вибрационного загрузочного устройства нужно сокращать длину лотка чаши. Так как чаша должна иметь определенный объем, необходимо увеличивать угол подъема лотка чаши, что приводит к замедлению движения деталей. Для уменьшения влияния угла подъема на скорость подачи деталей следует выбирать материал чаши, обеспечивающий более высокие коэффициенты трения и допускающий большие предельные скорости соударения подаваемых деталей с лотком вибропитателя. Таким образом, при изготовлении чаши бункерно-загрузочных устройств счетных автоматов предпочтительнее применение дюралюминия, эбонита, оргстекла.

Чаша вибрационного загрузочного устройства, соединенная упругой системой в виде пружинных стержней с нижней реактивной массой, представляет собой колебательную систему, для привода которой в счетных автоматах используется электромагнитный вибратор. При подаче переменного тока от сети с частотой 50 Гц якорь вибратора вместе с чашей бункера, к которой он крепится, будет совершать колебания с частотой 100 Гц, так как переменный ток имеет на протяжении периода два максимума силы тока – положительный и отрицательный, и магнитный поток за это время дважды изменяется от нуля до максимума. При возрастании магнитного потока якорь притягивается, а при убывании возвращается назад упругой системой. В связи с этим частота возмущающего усилия равна удвоенной частоте переменного тока, подаваемого в обмотку вибратора.

Если в цепь обмотки вибратора включить последовательно выпрямитель, то якорь за время одного периода будет притягиваться статором один раз, и частота возмущающего усилия (а следовательно, и частота колебаний) будет вдвое ниже, чем в предыдущем случае, т. е. 50 Гц.

Для уменьшения потерь на вихревые токи, а, следовательно, увеличения к. п. д. вибратора и уменьшения его нагрева, статор и якорь вибратора следует выполнять

шихтованными, т. е. набранными из пластин электротехнической стали. 1. В небольших вибропитателях, когда мощность вибратора не превышает 5...7 Вт, статор и якорь вибратора могут быть изготовлены цельными. Поскольку мощность вибратора мала, то даже при повышенных потерях нагрев вибратора не будет существенным, зато конструкция вибратора получается довольно простой и технологичной. Для некоторого снижения потерь и увеличения к. п. д. статор и якорь таких вибраторов изготавливаются из магнитомягких сталей, таких как железо «Армко», в них делаются прорези, уменьшающие вихревые токи.

Упругая система вибрационного питателя, состоящая из пружинных стержней, работает в условиях знакопеременной нагрузки, поэтому следует уделять большое внимание усталостной прочности этих стержней. Стержни должны быть изготовлены из пружинной стали, такой как сталь марки 65Г, с последующей закалкой и отпуском. После термообработки поверхность стержней шлифуется и полируется.

Расчет электромагнитного привода ВБЗУ

Исходные данные и расчетные зависимости (формулы) приведены в порядке выполнения расчета, который ведется методом последовательного приближения. Поэтому расчет может быть повторен 2 – 3 раза.

Исходные данные.

1. Расчетное усилие электромагнита

$$Q_p = (1,1 \dots 1,15) Q_v [Q; Q_r]$$

где Q_v , Q и Q_r — усилия одного электромагнита, расположенного соответственно вертикально, нормально к пружинам и горизонтально. В квадратных скобках указаны обозначения, которые могут быть подставлены наравне с Q_v в формулу определения Q_p при соответствующем конструктивном исполнении вибрационного грузочного устройства.

2. Амплитуда колебаний в направлении установки электромагнита:

$$A_v [A; A_r], \text{ мм.}$$

3. Напряжение питания катушки электромагнита:

$$U = 127 \text{ В}; U = 220 \text{ В.}$$

4. Расчетное эффективное, напряжение сети, при котором должно быть обеспечено расчетное усилие электромагнита:

$$U_p = k_u U, \text{ В,}$$

где $k_u = 0,75 \dots 1,0$ — коэффициент, учитывающий возможное изменение напряжения сети.

Определение конструктивных параметров электромагнита.

5. Конструктивный фактор электромагнита:

$$K_\phi = \frac{\sqrt{2Q_p}}{0,1S_\mu},$$

где S_μ - магнитный зазор: $S_\mu = A_v [A; A_r] + (0,1 \dots 0,5)$, мм.

6. Максимальное значение индукции B_m , Вб/см² определяют в зависимости от значения конструктивного фактора K_ϕ по графику рис. 1.6. При значении $K_\phi > 200$ должно быть принято $B_m < 1,5 \cdot 10^{-4}$ Вб/см².

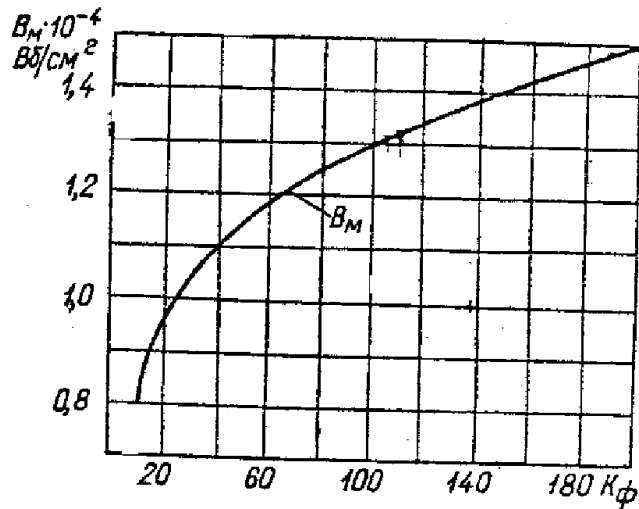


Рисунок 1.6 – График выбора значения максимальной индукции магнитопровода (сердечника) электромагнита в зависимости от значения конструктивного фактора K_ϕ

7. Сечение и предварительные размеры магнитопровода (заштриховано на рисунке 1.7):

$$S = \frac{Q_p}{2,01 \cdot 10^6 B_m^2}, \text{ мм}^2.$$

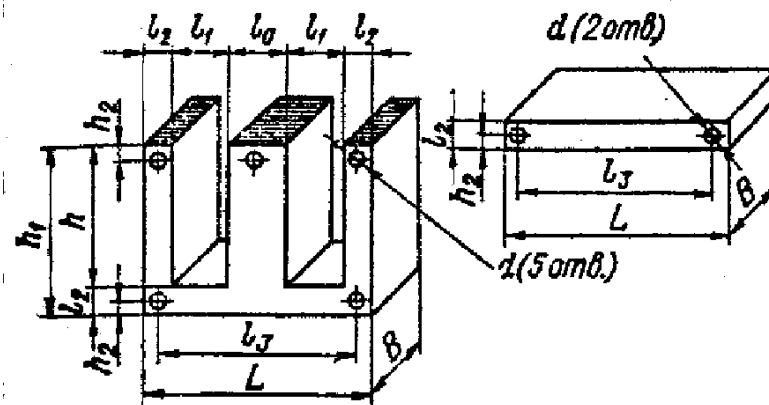


Рисунок 1.6 – Размеры магнитопровода

Магнитопровод изготавливают из стандартных пластин типа Ш и УШ, для которых отношение высоты окна к его ширине $n_k = h/l$ и размеры пластин и магнитопровода выбирают по данным таблицы 1.1.

Таблица 1.1

Обозначение пластины	l_0	l_1	l_2	h	h_1	h_2	l_3	d	L	B	$S_{,2}$ мм ²
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-----	-----	-----	-----------------------------

УШ-10	10	6,5	6,5	18	24,5	3,25	29,5	3	36	10 15 20	182 272 364
Ш-12	12	12	6	30	36	3	42	3	48	12 16 20 25	262 350 436 558
УШ-16	16	10		28	31	5	46	3,6	56	16 24 32	466 500 922
Ш-16	16	16	8	40	48	4	56	3,6	64	16 20 25 32	466 582 728 932
Ш-20	20	20	10	50	60	5	70	5	80	20 25 32 40	728 910 1164 1456
Ш-25	25	25	12,5	62,5	75	6,25	87,5	5	100	25 32 40 50	1136 1456 1820 2280
Ш-32	32	32	16	80	96	8	112	6	128	32 40 50 63	1864 2330 2912 3668
Ш-40	40	40	20	100	120	10	140	6	160	40 50 63 80	2912 3640 4586 5824

8. Приведенное значение индукции:
 без выпрямителя $B = B_m$ Вб/см²;
 с выпрямителем $B = 0,5B_m$ Вб/см².
 9. Число витков провода в катушке:

$$w = \frac{200 \sqrt{2} U_p}{2 \pi f_3 B S},$$

где f_3 – частота сети.

10. Индуктивное сопротивление электромагнита:

$$wL_0 = 9,8 \cdot 10^{-8} S w^2 / S_\mu, \text{ Ом.}$$

11. Эффективное значение тока:
 без выпрямителя

$$i_3 = \sqrt{1 + 0,5 \left(\frac{A_B[A; A_\Gamma]}{S_\mu} \right)^2} \frac{U}{\omega L_0}, \text{ A};$$

с выпрямителем

$$i_3 = 1,72 \sqrt{1 + 0,4 \left(\frac{A_B[A; A_\Gamma]}{S_\mu} \right)^2} \frac{U}{\omega L_0},$$

где $\frac{A_B[A; A_\Gamma]}{S_\mu}$ – отношение амплитуды колебаний к магнитному зазору.

12. Диаметр провода (без изоляции) обмотки катушки:

$$d = \sqrt{\frac{1,27 i_3}{\Delta I}}$$

где ΔI – допустимое значение плотности тока; $\Delta I = 2 \dots 6 \text{ A/mm}^2$.

При регулировании амплитуды колебания грузозачного устройства изменением напряжения или тока принимают большее значение, при регулировании изменением зазора или магнитного потока – меньшее значение.

13. Расчетное сечение катушки:

$$S_k = \frac{\pi d^2 w}{4 k_{зс}}$$

где $k_{зс}$ – коэффициент заполнения сечения катушки.

Для катушек прямоугольного сечения, наматываемых проводом с эмалевой изоляцией, значения коэффициента заполнения $k_{зс}$ в зависимости от условий намотки катушек приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Коэффициенты заполнения $k_{зс}$ сечения катушки

Диаметр провода с изоляцией, мм	Намотка с ручной заправкой изоляционных прокладок			Намотка автоматическая с прокладкой изоляции через один ряд
	без прокладок	через один ряд	через два ряда	
0,05	0,37	0,27	0,3	-
0,10	0,42	0,28	0,35	0,36
0,15	0,48	0,32	0,39	0,41
0,20	0,51	0,35	0,43	0,44
0,25	0,53	0,37	0,46	0,47
0,30	-	0,38	0,47	0,5
0,4	-	0,41	0,48	0,53

14. Размеры катушки:

длина катушки (высота окна железа)

$$l_k = h = \sqrt{S_k n_k}, \text{ мм},$$

толщина намотки катушки (ширина окна железа) –

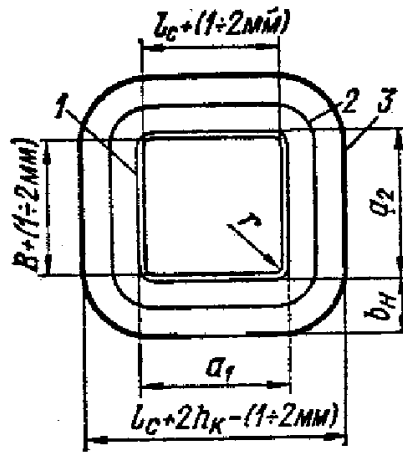
$$h_k = l_1 = l_k / n_k, \text{ мм}.$$

После определения l_k и h_k уточняют размеры выбранного железа согласно данным таблицы 1.1.

15. Средняя длина витка обмотки катушки электромагнита, приведенной на рисунке 1.7 равна:

$$l_{cp} = 2(a_1 + a_2) + 2\pi(r + \delta_k + b_h/2), \text{ мм},$$

где a_1, a_2 – наружные размеры каркаса катушки с учетом толщины стенок; δ_k в b_h — толщина каркаса и намотки катушки.



1 – каркас; 2 – средний виток обмотки; 3 – наружная изоляция

Рисунок 1.7 – Катушка электромагнита

16. Активное сопротивление намотки катушки:

$$R_0 = 0,023 \frac{4l_{cp}}{\pi d^2} w \cdot 10^{-3}, \text{ Ом}.$$

17. Мощность, затрачиваемая на нагрев катушки:

$$P = i_3^2 R_0, \text{ Вт}.$$

Проверка правильности расчета.

18. Коэффициент охлаждения:

$$k_{охл} = \frac{2(l_0 + B + 4l_1)}{P}, \text{ мм}^2/\text{Вт}.$$

Значение $k_{\text{охл}}$ должно быть не менее $1000 \text{ мм}^2/\text{Вт}$, если $k_{\text{охл}} < 1000 \text{ мм}^2/\text{Вт}$, катушку следует увеличить по высоте окна железа за счет уменьшения толщины намотки и пересчитать.

19. Полное сопротивление цепи электромагнита:
без выпрямителя

$$R = R_0, \text{ Ом};$$

с выпрямителем

$$R = R_0 + R_{\text{в}}, \text{ Ом},$$

где $R_{\text{в}}$ – сопротивление выпрямителя, значение которого определяется по каталогам.

20. Отношение активного сопротивления к индуктивному:

$$q = \frac{R}{qL_0}.$$

21. Согласно полученным значениям q по графику (рис. 1.8) определяют коэффициенты усилия $C_{\text{с}}$ – без выпрямителя и $C_{\text{в}}$ – выпрямителем.

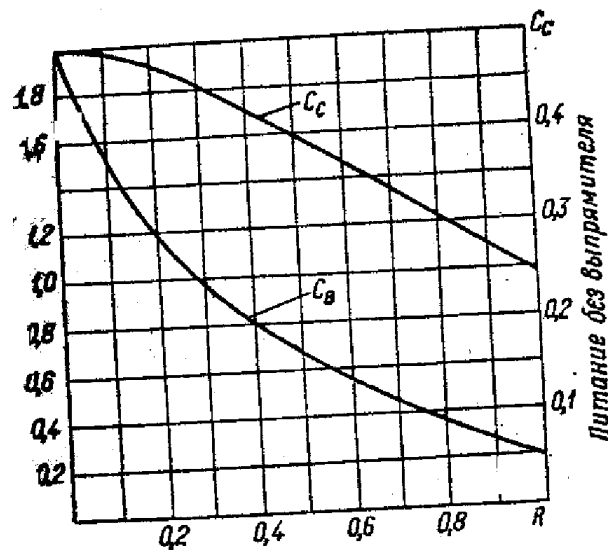


Рисунок 1.8 – График определения значений коэффициентов усилия $C_{\text{с}}$ и $C_{\text{в}}$.

22. Уточнение усилия электромагнита
с выпрямителем

$$Q_0 = Q_p \frac{C_{\text{в}}}{2}, \text{ кгс};$$

без выпрямителя

$$Q_0 = Q_p \frac{C_{\text{в}}}{0,5}, \text{ кгс}.$$

Значение Q_0 должно быть не менее заданного тягового усилия $Q_B [Q; Q_T]$. Если же $Q_0 < Q_B [Q; Q_T]$, то необходимо провести уточненный расчет согласно следующей методике.

23. Приведенная индукция:

без выпрямителя

$$B = \frac{1q^2}{\sqrt{1 + 0,5 \left(\frac{A_B [A; A_T]}{S_\mu} \right)^2}} \cdot B_m, \text{ Вб/см}^2;$$

с выпрямителем

$$B = 0,875 \frac{1,2q + 0,58}{\sqrt{1 + (0,3q + 0,4) \left(\frac{A_B [A; A_T]}{S_\mu} \right)^2}} \cdot B_m, \text{ Вб/см}^2.$$

24. Сечение железа:

без выпрямителя

$$S = \frac{Q_0}{4,06 \cdot 10^6 \cdot B^2 \cdot C_c}, \text{ мм}^2;$$

с выпрямителем

$$S = \frac{Q_0}{4,06 \cdot 10^6 \cdot B^2 \cdot C_B}, \text{ мм}^2.$$

25. Число витков провода в обмотке катушки определяется по формуле п. 9.

26. Эффективное значение тока:

без выпрямителя

$$i_3 = \frac{\sqrt{1 + 0,5 \left(\frac{A_B [A; A_T]}{S_\mu} \right)^2}}{\sqrt{R^2 + (\omega L_0)^2}} \cdot U, \text{ А};$$

с выпрямителем

$$i_3 = \frac{\sqrt{1 + (0,3q + 0,4) \left(\frac{A_B [A; A_T]}{S_\mu} \right)^2}}{1,2q + 0,58} \cdot \frac{U}{\omega L_0}, \text{ А}.$$

27. Далее проводится расчет по пп. 12 – 22.

Условия движения детали по лотку ВБЗУ

Рассмотрим принципиальную схему развернутого ВБЗУ, изображенного на рис. 1.9. Днище бункера 1 закреплено на наклонных пружинах 2. По лотку, наклоненному под углом α , перемещается деталь 3 с массой m .

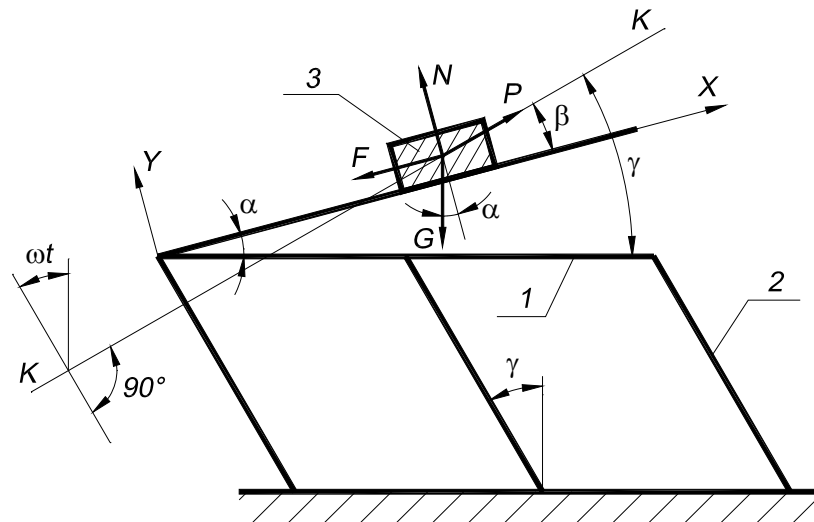


Рисунок 1.9 – Принципиальная схема развернутого вибрационного грузозачного устройства

Направление колебаний лотка обычно совпадает с направлением прямой К-К, перпендикулярной пружинам 2. Направление действия возмущающих усилий от электромагнита, будут ли они совпадать с направлением К-К или с осью бункера, принципиального значения не имеет. Лоток совершает в направлении линии К-К гармонические колебания с круговой частотой ω и амплитудой ξ_l . Мгновенное положение его в момент времени t описывается уравнением

$$S = \xi_l \sin \omega t. \quad (1)$$

Определим скорость и ускорение лотка из уравнения (1)

$$V = \xi_l \omega \cos \omega t, \quad (2)$$

$$a = -\xi_l \omega^2 \sin \omega t. \quad (3)$$

На деталь, движущуюся вместе с лотком, действует сила инерции P , пропорциональная и противоположно направленная ускорению a . Величина этой силы может быть выражена равенством

$$P = -ma = m\xi_l \omega^2 \sin \omega t, \quad (4)$$

где m – масса детали.

Проанализируем поведение сил, приводящее к вибрационному перемещению массы m . Рассмотрим случай безотрывного движения, когда вертикальная составляющая веса детали G , превосходит наибольшее значение вертикальной составляющей силы инерции P

$$P \sin \beta < G \cos \alpha ,$$

где β – угол наклона траектории колебаний (угол вибраций),

$$G = mg,$$

где g – ускорение свободного падения, α – угол наклона лотка к горизонту.

В первой половине периода, когда $0 < t < T/2$, составляющая силы инерции, направленная вдоль оси X стремится сдвинуть массу вверх. Этому способствует и составляющая силы инерции, направленная по направлению оси Y , которая уменьшает нормальную реакцию N и силу трения F .

Во второй половине периода, когда $T/2 < t < T$, сила инерции P направлена назад, и ее составляющая, направленная вдоль оси X , стремится сдвинуть массу в обратном направлении. Однако теперь этому противодействует составляющая силы инерции, направленная вдоль оси Y , которая увеличивает нормальную реакцию N и тем самым силу трения F . Рассмотрим условие движения детали вверх по лотку, т.е. в первой половине периода колебаний.

Движение детали вверх будет в том случае, если будет соблюдаться неравенство

$$P \cos \beta > F + mg \sin \alpha. \quad (5)$$

Сила трения определяется по уравнению (силой трения о боковую стенку можно пренебречь ввиду ее малости)

$$F = Nf = (mg \cos \alpha - m \xi_l \omega^2 \sin \omega t \sin \beta) f, \quad (6)$$

где f – коэффициент трения детали о лоток; N – нормальная реакция лотка.

Подставим в уравнение (5) значение F из уравнения (6).

После преобразования полученного уравнения получим следующее условие движения детали вверх по лотку:

$$\xi_l \omega^2 \sin \omega t > g((\sin \alpha + f \cos \alpha) / (\cos \beta + f \sin \beta)). \quad (7)$$

С возрастанием амплитуды и частоты колебаний лотка может наступить момент, когда составляющая силы инерции, перпендикулярная к линии лотка, превысит соответствующую составляющую силы тяжести, в результате чего деталь оторвется от поверхности лотка и некоторое время будет находиться в свободном полете.

При этом условием отрыва детали от лотка будет являться соблюдение неравенства

$$P \sin \beta > mg \cos \alpha. \quad (8)$$

В этом случае движение детали вверх будет при соблюдении неравенства вида

$$P \cos \beta > mg \sin \alpha. \quad (9)$$

Силу трения F в первой половине периода колебаний, можно принять равной нулю. Подставив в неравенство (9) значение P из (4) и учитывая, что $G = mg$, можно записать следующее неравенство:

$$\xi_l \omega^2 \sin \omega t > g \sin \alpha / \cos \beta. \quad (10)$$

Такое сочетание амплитуды и частоты колебаний ВБЗУ принято называть режимом работы "с подбрасыванием".

Соответственно режим работы в котором неравенство (10) не соблюдается, т.е. соблюдается неравенство

$$\xi_n \omega^2 \leq g \cos \alpha / \sin \beta,$$

принято называть режимом «без подбрасывания».

Расчет производительности ВБЗУ

Средняя скорость движения детали по лотку ВБЗУ, работающего в режиме без подбрасывания, может быть выражена как произведение среднего перемещения детали по лотку за время одного цикла S_c и количества рабочих циклов в секунду ν .

Следовательно, для выражения производительности вибробункера можно записать формулу

$$V = 60 s_c \nu, \quad (11)$$

где ν – частота колебаний лотка, Гц; s_c – средняя величина перемещения детали на лотке за время одного цикла.

Для определения среднего перемещения детали по лотку за время одного цикла составим дифференциальное уравнение движения детали. При этом будем исходить из того, что на протяжении одного цикла можно различать два качественно разные периода движения. Первый период продолжается от момента t_n , когда скорости детали и лотка совпали, и деталь начала увлекаться трением о лоток, до момента t'_n – повторного совпадения скоростей. Этот период является периодом относительного скольжения детали вниз. Второй период продолжается от момента t_b начала движения детали по инерции до момента t'_b , когда скорости детали и лотка опять совпадают и деталь начинает снова двигаться под действием силы трения о лоток. В этом периоде деталь скользит вверх по лотку.

Между первым и вторым периодами могут быть более или менее длительные паузы, когда деталь движется вместе с лотком без скольжений.

В начале движения деталей по лотку промежутки $t'_b - t_b$ и $t'_n - t_n$ для каждого цикла разные, но со временем при установившемся движении продолжительность каждого периода для всех циклов становится одинаковой.

Принимая систему координат, показанную на рис. 2.1, и считая скорость, направленную вверх по лотку, положительной, а скорость, направленную вниз, – отрицательной, напишем дифференциальные уравнения движения детали для первого и второго периодов:

$$m \ddot{x}_n = -mg \sin \alpha + Nf, \quad (12)$$

$$m \ddot{x}_b = -mg \sin \alpha - Nf. \quad (13)$$

После соответствующих подстановок, преобразований и сокращений эти дифференциальные уравнения могут быть приведены к виду:

$$\ddot{x}_n = \frac{dV_n}{dt} = -g(\sin \alpha - f \cos \alpha) - \xi_n \omega^2 f \sin \beta \sin(\omega t), \quad (14)$$

$$\ddot{x}_b = \frac{dV_b}{dt} = -g(\sin \alpha + f \cos \alpha) + \xi_n \omega^2 f \sin \beta \sin(\omega t). \quad (15)$$

Интегрируя оба уравнения, получаем выражения для соответствующих скоростей скольжения деталей вниз и вверх:

$$V_H = \int dV_H = -g(\sin\alpha - f \cos\alpha)t + \xi_n \omega f \sin\beta \cos(\omega t) + C_H, \quad (16)$$

$$V_B = \int dV_B = -g(\sin\alpha + f \cos\alpha)t - \xi_n \omega f \sin\beta \cos(\omega t) + C_B, \quad (17)$$

Константы интегрирования C_H и C_B определяем из условия, что в моменты начала скольжения вниз t_H и вверх t_B скорости и детали и лотка совпадают. После подстановки значений констант C_H и C_B уравнения скоростей запишутся так:

$$V_H = \int dV_H = -g(\sin\alpha - f \cos\alpha)(t - t_H) + \xi_n \omega f \sin\beta [\cos(\omega t) - \cos(\omega t_H)] + \xi_n \omega \cos\beta \cos(\omega t_H) = \frac{ds_H}{dt}, \quad (18)$$

$$V_B = \int dV_B = -g(\sin\alpha + f \cos\alpha)(t - t_B) + \xi_n \omega f \sin\beta [\cos(\omega t) - \cos(\omega t_B)] + \xi_n \omega \cos\beta \cos(\omega t_B) = \frac{ds_B}{dt}, \quad (19)$$

Интегрируя, в свою очередь, эти уравнения в пределах $t'_H - t_H$ и $t'_B - t_B$, получаем следующие выражения для соответствующих перемещений детали за время первого и второго периодов движения:

$$s_H = - (g/2)(\sin\alpha - f \cos\alpha)(t'^2_H - t^2_H) + [(g \sin\alpha - f \cos\alpha)t_H + \xi_n \omega (\cos\beta - f \sin\beta) \cos(\omega t_H)] (t'_H - t_H) + f \xi_n \sin\beta [\sin(\omega t'_H) - \sin\omega t_H], \quad (20)$$

$$s_B = - (g/2)(\sin\alpha + f \cos\alpha)(t'^2_B - t^2_B) + [(g \sin\alpha + f \cos\alpha)t_B + \xi_n \omega (\cos\beta + f \sin\beta) \cos(\omega t_B)] (t'_B - t_B) - f \xi_n \sin\beta [\sin(\omega t'_B) - \sin\omega t_B], \quad (21)$$

где t'_H и t'_B – моменты времени окончания скольжения детали вниз и вверх.

Переходя от моментов времени к соответствующим фазовым углам, т. е. подставляя $\omega t = \varphi$, получим уравнения для соответствующих перемещений:

$$s_H = - (g/2\omega^2)(\sin\alpha - f \cos\alpha)(\varphi'^2_H - \varphi^2_H) + [(g/\omega^2)(\sin\alpha - f \cos\alpha)\varphi_H + \xi_n \omega (\cos\beta - f \sin\beta) \cos\varphi_H] (\varphi'_H - \varphi_H) + f \xi_n \sin\beta [\sin\varphi'_H - \sin\varphi_H], \quad (22)$$

$$s_B = - (g/2\omega^2)(\sin\alpha + f \cos\alpha)(\varphi'^2_B - \varphi^2_B) + [(g/\omega^2)(\sin\alpha + f \cos\alpha)\varphi_B + \xi_n \omega (\cos\beta + f \sin\beta) \cos\varphi_B] (\varphi'_B - \varphi_B) - f \xi_n \sin\beta [\sin\varphi'_B - \sin\varphi_B]. \quad (23)$$

Наибольшее результирующее перемещение деталей, а следовательно, и наибольшая производительность вибрационного загрузочного устройства, работающего в режиме без подбрасывания, будет достигнута, если движение деталей по лотку будет происходить без пауз, т. е., если после первого периода движения будет следовать непосредственно второй, как изображено на диаграмме скоростей, показанной на рис. 1.10 [4].

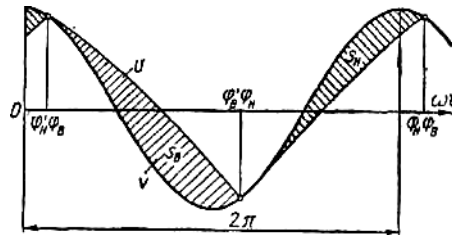


Рисунок 1.10 – Диаграмма скоростей детали и лотка ВБЗУ, работающего в режиме двустороннего скольжения без пауз и без подбрасывания.

Принимая во внимание, что при движении деталей без пауз и без подбрасывания длительность первого периода движения незначительно отличается от длительности второго периода, можем для этого случая принять в приближении

$$(\varphi'_H - \varphi_H) \approx (\varphi'_B - \varphi_B) \approx \pi, \quad (24)$$

откуда следует:

$$\begin{aligned} \sin \varphi'_B &= -\sin \varphi_B; \\ \sin \varphi'_H &= -\sin \varphi_H; \\ \cos \varphi'_B &= -\cos \varphi_B; \\ \cos \varphi'_H &= -\cos \varphi_H. \end{aligned}$$

Подставляя эти значения в уравнения (22) и (23), можно преобразовать их следующим образом:

$$\begin{aligned} s_H &= -(g\pi/2\omega^2)(\sin\alpha - f\cos\alpha)(\varphi'_H - \varphi_H) + [(g/\omega^2)(\sin\alpha - f\cos\alpha)\varphi_H + \\ &\quad + \xi_{\pi}\pi(\cos\beta - f\sin\beta)\cos\varphi_H - 2f\xi_{\pi}\sin\beta\sin\varphi_H = \\ &= -(g\pi/2\omega^2)(\sin\alpha - f\cos\alpha) + \xi_{\pi}\pi(\cos\beta - f\sin\beta)\cos\varphi_H - 2f\xi_{\pi}\sin\beta\sin\varphi_H, \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} s_B &= -(g\pi/2\omega^2)(\sin\alpha + f\cos\alpha)(\varphi'_B - \varphi_B) + [(g/\omega^2)(\sin\alpha + f\cos\alpha)\varphi_B + \\ &\quad + \xi_{\pi}\pi(\cos\beta + f\sin\beta)\cos\varphi_B + 2f\xi_{\pi}\sin\beta\sin\varphi_B = \\ &= -(g\pi/2\omega^2)(\sin\alpha + f\cos\alpha) + \xi_{\pi}\pi(\cos\beta + f\sin\beta)\cos\varphi_B + 2f\xi_{\pi}\sin\beta\sin\varphi_B. \end{aligned} \quad (26)$$

Отсюда для результирующего перемещения детали за время одного цикла получим выражение

$$\begin{aligned} s_c = s_H + s_B &= -(g\pi/\omega^2)\sin\alpha + 2\xi_{\pi}\pi f\sin\beta\cos\varphi_B + 4f\xi_{\pi}\sin\beta\sin\varphi_B = \\ &= -(g\pi/\omega^2)\sin\alpha + 2\xi_{\pi}f\sin\beta(\pi\cos\varphi_B + 2\sin\varphi_B) = \\ &= 2\xi_{\pi}f\sin\beta M - (g\pi/\omega^2)\sin\alpha, \end{aligned} \quad (27)$$

где $M = (\pi\cos\varphi_B + 2\sin\varphi_B)$.

Анализируя выражение $M = (\pi\cos\varphi_B + 2\sin\varphi_B)$, можно прийти к выводу, что его значение будет не меньше 3,14 и не больше 3,72, потому что, как вытекает из формулы (7), фазовый угол начала скольжения детали вверх по лотку φ_B мал, и, во всяком случае, он не выходит за пределы $0 \dots 45^\circ$.

Поэтому, принимая в среднем $M \approx 3,5$, получаем

$$s_c \approx 7\xi_{\pi}f\sin\beta - (g\pi/\omega^2)\sin\alpha. \quad (28)$$

Учитывая, что для режима «без подбрасывания» $\xi_{\pi}\omega^2 \leq g\cos\alpha / \sin\beta$, можно записать

$$\frac{g}{\omega^2} = \xi_{\text{эл}} \frac{\sin \beta}{\cos \alpha}. \quad (29)$$

Подставим выражение (29) в формулу (28) и после преобразования получим приближенную формулу для расчета средней скорости движения детали по лотку ВБЗУ:

$$s_c \approx 10 \xi_{\text{эл}} \sin \beta (0,7f - \text{tg} \alpha). \quad (30)$$

Здесь $f = 0,4$.

Следовательно, среднюю скорость детали можно найти из выражения

$$V_c = 600 v \xi_{\text{эл}} \sin \beta (0,7f - \text{tg} \alpha). \quad (31)$$

Производительность ВБЗУ определяется по уравнению

$$Q = V_c K_3 / l, \quad (32)$$

где l – длина детали, м; K_3 – коэффициент заполнения вибрлотка, зависящий от длины, формы и способа ориентации детали (для изделий простой формы $K_3 = 0,8 \dots 0,9$)

При синусоидальной форме напряжения питающей сети, мгновенное значение силы у полюса с переменным магнитным потоком, изменится от нуля до максимального значения с частотой, в два раза превышающей частоту переменного тока. Угловая частота мгновенной силы, действующей на бункер, равна:

$$\omega = 2\pi \cdot 100 = 628 \text{ с}^{-1}.$$

Жесткость пружин должна обеспечить требуемую частоту свободных колебаний бункера ω_0 . Для обеспечения устойчивых колебаний обычно применяют соотношения частот вынужденных и собственных колебаний $\omega/\omega_0 = 0,9$.

При длине пружин, на которых укреплен бункер, равной Z можно определить частоту собственных колебаний ω_0 бункера:

$$\omega_0 = \sqrt{(EJ \cdot 353000) / (Z^3 (G_1 + K_1 G_2) \sin \gamma)}, \quad (33)$$

где J – момент инерции поперечного сечения пружины. Для прямоугольного сечения $J = bh^3/12 \text{ мм}^4$; E – модуль упругости материала пружины, МПа (для стали 65Г $E = 200000 \text{ МПа}$); G_1 и G_2 – вес чаши бункера и вес деталей одной засыпки, Н; Z – рабочая длина пружины, мм; γ – угол наклона пружин ($\gamma = 30^\circ$); K_1 – коэффициент, учитывающий степень влияния веса деталей (0,3...0,4).

Амплитуду вынужденных колебаний можно найти по формуле [3]

$$\xi_{\text{эл}} = (F_{\text{эл}} \cdot 10^3) / \left(G \sqrt{(\omega_0^2 - 628^2)^2 + 38 \cdot 10^4} \right), \quad (34)$$

где $G = G_1 + K_1 G_2$, Н; $F_{\text{эл}}$ – усилие электромагнита.

Усилие электромагнита определим по уравнению [3]

$$F_{\text{эл}} = \left(4,17 \cdot 10^{-7} S (i \cdot n)^2 \right) / \delta_0^2$$

где S – площадь полюсов, мм²; δ_0 – зазор между якорем и сердечником, мм; i – ток питания электромагнита, А; n – количество витков катушки электромагнита ($n = 2000$).

Описание лабораторной установки

Установка для исследования влияния амплитуды колебаний на производительность ВБЗУ.

Установка состоит из вибробункера 1, измерителя амплитуды 2 (ВВ-10Н), электронного счетчика деталей с реле времени (ГХ-001) (см. рис. 1.11, 1.12).

Вибробункер содержит чашу 1, подвешенную на трех плоских пружинах 2 тягового электромагнита 3. Питание обмотки электромагнита осуществляется переменным током частотой 50 Гц. Напряжение и ток регулируются при помощи автотрансформатора 4 и измеряются вольтметром 5 и амперметром 6. Измеритель амплитуды колебаний содержит индуктивный преобразователь 7, закрепленный на стойке 8, пластину 9 из немагнитного материала, прикрепленную к чаше вибробункера. Индуктивный преобразователь подключен к прибору ВВ-10Н.

Электронный счетчик деталей ГХ-001 состоит из светодиода 10, фотодиода 11, связанного посредством усилителя 12, формирователя импульсов 13 со счетчиком импульсов 14. Счетчик импульсов запускается кнопкой при помощи реле времени 15, настроенного на время 60 секунд.

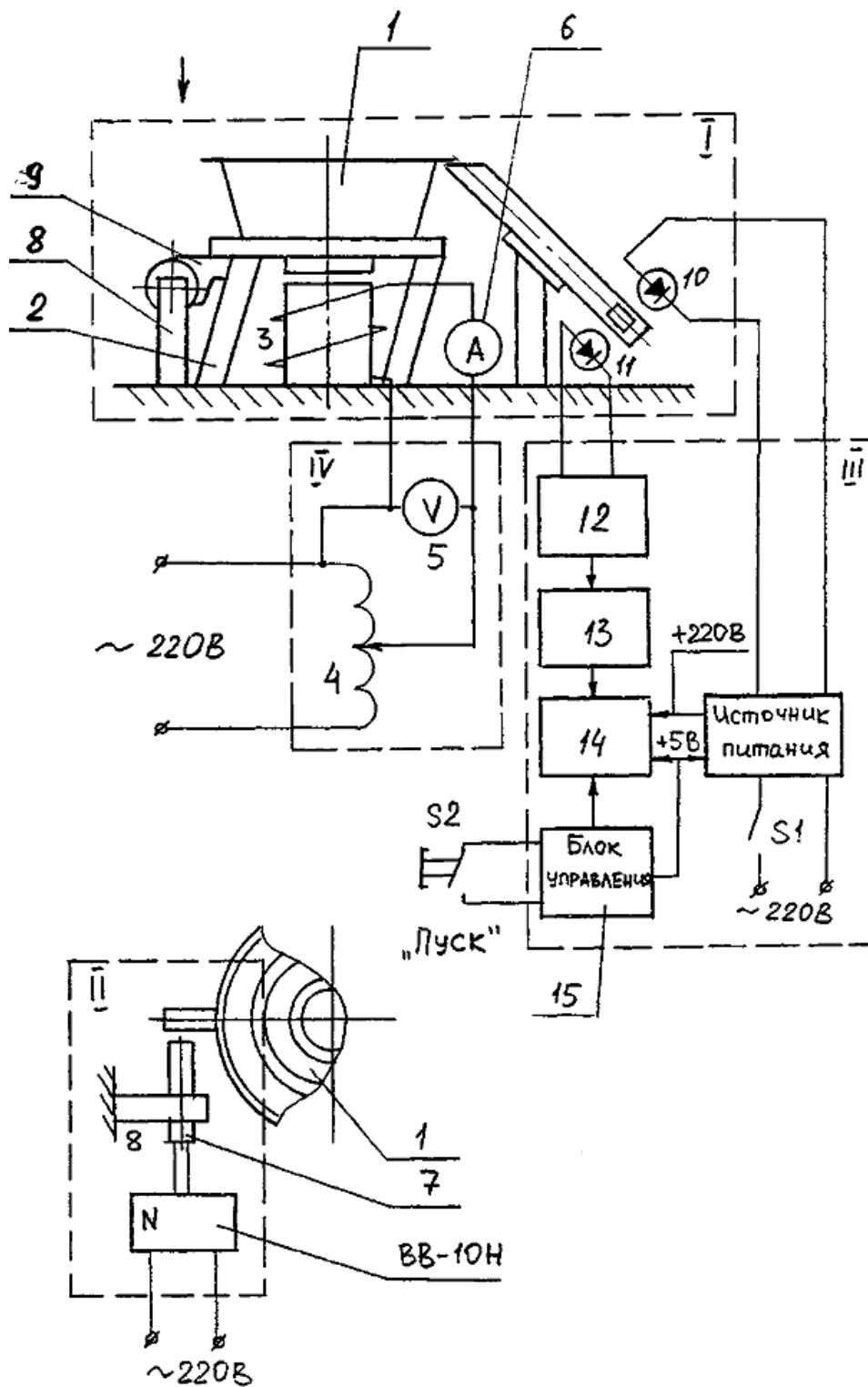


Рисунок 1.11 –Схема установки для исследования работы вибробункера



Рисунок 1.12 – Установка для исследования работы вибрационного бункерного загрузочного устройства:

1 – прибор для измерения амплитуд микроперемещений ВВ-10Н; 2 – цифровой счетчик заготовок; 3 – мультиметр; 4 – чаша вибробункера; 5 – регулируемый источник питания; 6 – датчик для измерения амплитуды колебаний чаши бункера.

Технические характеристики прибора ВВ-10Н

1. Диапазон контролируемых амплитуд микроперемещений 0...2 мм. Этот диапазон разбит на 8 поддиапазонов (см. табл. 1.1)

2. Диапазон контролируемых частот микроперемещений от 20 до 10000 Гц.

Таблица 1.1

№ поддиапазона	Обозначение на блоке БОС	Рабочая часть индикатора, мм	Цена деления, мкм
I	0,01	0,005...0,01	0,4
II	0,02	0,006...0,02	0,8
III	0,05	0,015...0,05	2
IV	0,1	0,03...0,1	4
V	0,2	0,06...0,2	8
VI	0,5	0,15...0,5	20
VII	1	0,3...1	40
VII	2	0,6...2	80

Принцип работы прибора основан на измерении приращения вторичной э.д.с., наводимой в обмотках первичного преобразователя при изменении зазора между токопроводящей поверхностью и преобразователем. С выхода преобразователя сигнал поступает в электронную схему прибора, на выходе которого включен электронно-лучевой индикатор.

Форма и амплитуда кривой на экране индикатора дает полную информацию о режиме микроперемещений бункера.

Технические характеристики цифрового счетчика деталей ГХ-001

Прибор предназначен для измерения числа деталей, проходящих через зазор фотоэлектрического датчика за 60 с. Остановка счетчика автоматическая. Индикация результата измерений выводится на световое табло в десятичной форме. Прибор состоит из счетчика электронного и фотоэлектрического датчика ДФ-1.

1. Диапазон измерения, дет.	1 ... 9999	
2. Время счета деталей, с	60	
3. Режим пуска		ручной
4. Максимальная частота прохождения деталей через зазор датчика, дет/мин	900	
5. Готовность прибора к работе с момента включения, мин	5	
6. Погрешность измерения	1%	
7. Питание прибора от сети переменного тока, В	220±10%	

Установка для исследования влияния зазора между сердечником и якорем электромагнита на производительность ВБЗУ.

Установка состоит из вибробункера, измерителя амплитуды БИМП-2М (рис. 1.13, 1.14).

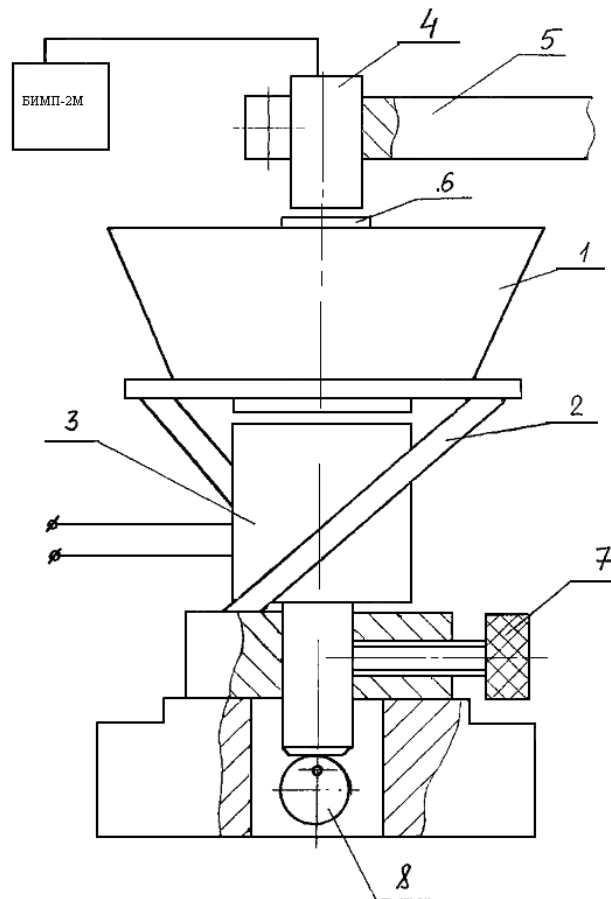


Рисунок 1.13 – Схема установки для исследования влияния зазора между ярмом и сердечником электромагнита на производительность вибробункера.



Рисунок 1.14 – Вибробункер с системой контроля амплитуды колебаний чаши.

Вибробункер содержит чашу 1, подвешенную на трех плоских пружинах 2 тягового электромагнита 3 с системой регулирования зазора между якорем и сердечником. Питание обмотки электромагнита осуществляется переменным током частотой 50 Гц. Измеритель амплитуды колебаний содержит индуктивный преобразователь 4, закрепленный на стойке 5, пластину 6 из немагнитного материала, прикрепленную к чаше вибробункера. Индуктивный преобразователь подключен к прибору БИМП-2М, который позволяет контролировать амплитуды микроперемещений в диапазоне 0,001...1 мм.

Порядок выполнения работы

1. Исследование влияния амплитуды колебаний на производительность ВБЗУ.

- 1.1. Ознакомиться со схемой установки (рис. 1.11).
- 1.2. Включить установку и измерительные приборы в сеть 220 В.
- 1.3. Засыпать в бункер партию деталей.
- 1.4. Включить вибробункер.
- 1.5. Установить с помощью автотрансформатора напряжение питания вибробункера 150 В, записать значение тока и напряжения в таблицу 1.2.
- 1.6. Установить на приборе ВВ-10Н необходимый диапазон измерения переключателем «Ампл. мм» с целью получения усиления сигнала по вертикали в пределах шкалы электронно-лучевой трубки.
- 1.7. Установить переключатель «Развертка, кГц» на предел измерения 0,06...0,02 для получения на экране синусоидального сигнала.
- 1.8. Ручками «Плавно», «Синх.», «Яркость», «Фокус» получить для наблюдения и измерения четкую форму синусоиды.
- 1.9. Определить по шкале осциллографа амплитуду колебания бункера с учетом цены деления, приведенной в таблице 1.1.
- 1.10. Выключить бункер.
- 1.11. Пересыпать детали из приемного устройства в чашу бункера.
- 1.12. Включить электронный счетчик деталей и вибробункер.
- 1.13. Когда первые детали из бункера начнут поступать в приемный лоток, кнопкой «Пуск» электронного счетчика включить реле времени (счет прекращается автоматически через 60 с), и записать показания счетчика в табл. 1.2.
- 1.14. Операции по пунктам 1.10...1.13 повторить три раза.
- 1.15. Операции по пунктам 1.5...1.14 повторить для напряжения 180, 200 В.
- 1.16. Определить среднюю производительность Q для каждого напряжения 150, 180, 200 В.
- 1.17. Рассчитать теоретическую производительность. Заполнить таблицу 1.3.

2. Исследование влияния зазора между сердечником и якорем электромагнита на производительность ВБЗУ.

- 2.1. Ознакомиться со схемой установки (рис. 1.13).
- 2.2. Включить установку и измерительные приборы в сеть 220 В.
- 2.3. Засыпать в бункер партию заготовок.
- 2.4. Отвинтить винт 7 на 1,5 оборота, кулачком 8 установить при помощи щупа необходимый зазор между якорем и электромагнитом и зафиксировать его винтом 7.
- 2.5. Включить вибробункер и по шкале БИМП-2М определить амплитуду колебаний чаши бункера.
- 2.6. Операции по пунктам 2.3...2.5 повторить три раза.
- 2.7. Определить среднюю производительность Q для каждого зазора.
- 2.8. Рассчитать теоретическую производительность.

Содержание отчета

По первой части работы.

1. Краткая характеристика вибробункера.
2. Схема установки (рис. 1.11).
3. Таблица параметров и расчеты необходимых величин при определении производительности вибробункера, при $\alpha = 3^\circ$, $\beta = 27^\circ$, $\gamma = 30^\circ$, $f = 0,4$, $\nu = 100$ Гц.
4. График зависимости $Q = f(\xi_{л})$; $Q = f(V_{в})$.
5. Определить режим движения деталей.

Таблица 1.2

№ опыта	I, A	U, B	$\xi_{л}, мм$	$Q, шт/мин$
1		150		
2				
3				
				$Q_{ср} =$
1		180		
2				
3				
				$Q_{ср} =$
1		200		
2				
3				
				$Q_{ср} =$

Таблица 1.3

Обозначение параметров	I, A	U, B	$Z, мм$	$J, мм^4$	$S, мм^2$	$\delta_0, мм$	$F_{эл}, Н$	$\xi_{л}, м$	$Q, шт/мин$
Величина параметров									

Дополнительные данные

Масса чаши бункера равна 375 г, диаметр электромагнита 34 мм, зазор между якорем и сердечником электромагнита – $\delta_0 = 0,1$ мм, длина детали – $l = 18$ мм, масса детали $m = 0,84$ г, габариты пружины 70x12x1,75 мм, число деталей равно 303 шт.

По второй части работы.

1. Краткая характеристика вибробункера.
2. Схема установки (рис. 1.13).
3. Таблица параметров и расчеты необходимых величин при определении производительности вибробункера, при $\alpha = 3^\circ$, $\beta = 27^\circ$, $\gamma = 30^\circ$, $f = 0,4$, $\nu = 100$ Гц (таблица 1.4).
4. График зависимости $Q = f(\delta)$.
5. Определить зазор между якорем и сердечником при отрывном и безотрывном режиме движения заготовок по лотку бункера.

Таблица 1.4

№ опыта	$\delta, мм$	$\xi_{л}, мкм$	$Q, шт/мин$	$Q_{ср}, шт/мин$
1				

2				
3				

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Принцип работы вибробункера, законы движения лотка бункера.
2. Конструктивные разновидности вибробункеров.
3. Назовите основные способы регулирования производительности вибробункера.
3. Сформулируйте условия движения детали по вибрлотку с отрывом и без.
4. Чем определяется производительность вибробункера?
3. Как зависит производительность вибробункера от амплитуды колебаний?
5. Как изменится производительность вибробункера при увеличении длины пружин подвески чаши?
6. Какие необходимо создать условия для перемещения детали по лотку, если $\alpha = 0$ и $\gamma = 0$ (рис. 1.9)?

Литература

1. Повидайло, В.А. Расчет и конструирование вибрационных питателей. – М.: Машгиз, 1962. – 150 с.
2. Вибрационные бункеры для загрузочных устройств. – М.: ОНТИ ЭНИМС, 1961.
3. Гордон, А.В., Сливинская, А.Г. Электромагниты переменного тока. – М.: Энергия, 1968. – 200 с.
4. Медвидь, М.В. Автоматические ориентирующие загрузочные устройства и механизмы. – М.: Машиностроение, 1963. – 299 с.

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПИТАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучение принципа действия питателей; построение циклограммы работы грейферного питателя автомата монтажа микросхем ЭМ 4090.

Оборудование и принадлежности к работе

- | | |
|--------------------------------------|---------|
| 1. Автомат монтажа микросхем ЭМ 4090 | – 1 шт; |
| 2. Компрессор | – 1 шт; |
| 3. Секундомер | – 1 шт. |

Основные положения

Общие сведения о питателях

В системе автоматической загрузки питатели выполняют функцию подачи ориентированных предметов обработки в рабочую зону технологических машин. При этом повышается производительность этих машин и безопасность обслуживания.

В зависимости от характера движения рабочих органов питатели подразделяют на револьверные, шиберные, грейферные, комбинированные, промышленные роботы и манипуляторы.

Специальные питатели применяют в массовом и крупносерийном производствах. Они предназначены для подачи одного или нескольких (на сборочных операциях) наименований предметов обработки. Универсальные питатели (переналаживаемые) применяют в серийном и мелкосерийном производствах для подачи одной или группы однотипных предметов обработки определенного диапазона размеров. Механизмы и конструктивные элементы, как и целиком универсальные питатели, поддаются унификации и стандартизации, что способствует организации централизованного их изготовления.

К общим механизмам, применяемым в питателях, можно отнести: приводы, передаточные механизмы для передачи движения от привода к рабочему органу: шиберу, револьверному диску через механизм периодического движения, грейферным линейкам и захвату промышленного робота или манипулятора и механизмы блокировки, а также конструктивные элементы для загрузки питателя, фиксации и удаления предметов обработки.

Источником движения (приводом) может служить вал или ползун (шпиндель) технологической машины или электро-, гидро-, пневмодвигатели. В первом случае исходными для определения скоростей и ускорений рабочего органа питателя являются законы движения коленчатого вала (вращающегося непрерывно или с остановками) или возвратно-поступательного прямолинейного движения ползуна прессы. Во втором случае работа привода может быть задана по заранее рассчитанному или подобранному закону движения.

Передаточные механизмы, служащие для передачи движения от привода, могут изменять направление и закон движения. Ведущие и ведомые звенья этих механизмов имеют одно из следующих движений: непрерывно- или прерывно-вращательное, возвратно-поступательное или качательное и располагаться в одной или различных плоскостях. По конструктивному исполнению механизмы подразделяются на кривошипные или эксцентриковые; кулачковые с кулачком дисковым, цилиндрическим (байонетным) и плоским (клиновым); карданные; цепные или ременные передачи; зубчатые передачи; реечно-зубчатые или зубчато-реечные и рычажные многозвенные. В ряде случаев механизмы изготавливают комбинированными, состоящими из двух и более перечисленных механизмов.

Револьверные питатели

Револьверные питатели наиболее эффективно используют при выполнении на одной операции двух и более переходов для подачи плоских предметов обработки толщиной свыше 0,5 мм и объемных диаметром до 60 мм. Исходными технологическими данными, определяющими конструкцию питателя, являются: характеристика предметов обработки – конфигурация, размеры, точность изготовления, серийность выпуска, вид технологической операции и переходов; характеристика технологической машины – число ходов или оборотов в минуту, закрытая высота (между ползуном или шпинделем и столом), величина хода ползуна или шпинделя; действительная производительность (необходимая), равная числу предметов обработки, которые обрабатываются в единицу времени при реальных условиях эксплуатации.

В общем виде револьверные питатели состоят из привода, механизмов периодического движения, торможения и фиксации диска, блокировки и конструктивных элементов для загрузки питателя, фиксации ПО и удаления готовых ПО. В зависимости от вида технологической операции и переходов, точности изготовления ПО, конструкции привода и механизма периодического движения можно обойтись без механизмов передаточного, фиксации, торможения и блокировки. Их функции зачастую совмещают оставшиеся механизмы и конструктивные элементы.

Основным требованием, предъявляемым к приводу, механизмам передаточному, периодического движения и торможения диска, является выполнение заданных законов движения, обеспечивающих плавность поворота диска, отсутствие скачков угловой

скорости и пиков кривой угловых ускорений, приводящих к ударам и значительному увеличению усилий, действующих на механизмы, а следовательно, быстрому износу и потере точности в работе.

Механизм периодического движения диска поворачивает рабочий диск на определенный угол в зависимости от числа гнезд в нем с последующим выстоем на период, необходимый для выполнения технологической операции, входа и выхода инструмента, загрузки и разгрузки питателя. Конструкция этого механизма определяет точность работы всего питателя и наличие механизмов фиксации, торможения и блокировки. Ведущее звено имеет одно из следующих видов движения: непрерывно или прерывисто вращательное и колебательное по дуге окружности. Число ведущих звеньев может быть одно, два и более.

Периодическое движение рабочего диска осуществляет один из следующих механизмов: мальтийский, кулачковый получервячный, фрикционный, шарнирно-зубчатый, с обгонной муфтой и храповой.

Шиберные питатели

Шиберные питатели применяют для перемещения ПО от места загрузки к рабочей зоне обработки в направлении, совпадающем с направлением движения шибера. При несовпадении этих направлений их применяют вместе с другими питателями.

Шиберные питатели используют для плоских ПО толщиной свыше 0,3 мм, размером в направлении перемещения до 150 мм, а также полых цилиндрических или прямоугольных ПО высотой до 100 мм. В последнем случае на пути перемещения шибера необходимо устанавливать направляющие планки толщиной не менее половины высоты перемещаемых ПО, такого же размера должен быть и шибер.

В этих питателях, как правило, ведомое звено передаточного механизма является ведущим для шибера. Захватными элементами шибера могут быть открытые или закрытые трафареты, конструктивное исполнение которых зависит от толщины ПО и их конфигурации, точности и скорости подачи, вида технологической операции и способа удаления из рабочей зоны. Закрытые трафареты применяют редко, так как в этом случае требуется дополнительное время для выстоя на период входа и выхода рабочего инструмента. При открытых трафаретах имеется опасность отрыва предметов обработки от шибера в начале движения и при остановке в конце рабочего хода, что снижает точность подачи и ухудшает условия ориентации. Для исключения этого явления необходимо устанавливать рациональный закон движения, т. е. чтобы в начале движения шибер имел наименьшую скорость и плавное интенсивное нарастание скорости после соприкосновения с предметом обработки, т. е. имел бы наибольшую величину положительного ускорения. Это позволит сократить разницу между скоростями шибера и предметом обработки в момент, когда шибер догонит отскочивший от него предмет обработки. Следовательно, шибер должен двигаться в период выбега с ускорением, не превышающим по абсолютной величине ускорение, с которым перемещается по инерции предмет обработки, а длина пути выбега S_B шибера не должна быть меньше длины пути торможения предмета обработки S_T , т. е. условия движения предмета обработки в период торможения будут следующими:

$$a_{в max} \leq -\mu g;$$

$$S_B \geq S_T = \frac{V_{ш max}^2}{2\mu g},$$

где $a_{в max}$ – максимальное ускорение движения шибера в период выбега; μ – коэффициент трения.

Как следует из этих формул, наибольшее влияние на длину пути торможения предмета обработки оказывает максимальная скорость перемещения шибера $V_{ш max}$.

Следовательно, , которые бы обеспечили минимальное значение этого параметра. Кроме того, увеличение производительности питателя наряду с построением рациональной циклограммы его работы и уменьшением периода холостого перемещения захватного органа может быть достигнуто и путем увеличения периода рабочего перемещения. Последнее может быть достигнуто уменьшением периода разбега, так как уменьшение периода выбега нежелательно ввиду существенного его влияния на точность положения предмета обработки перед рабочей позицией. Таким образом, критериями для выбора рационального закона движения шибера являются: минимальное значение величины максимальной скорости шибера; наибольшая величина его положительного ускорения; наименьшая величина его отрицательного ускорения; плавное изменение скоростей и ускорений; нулевое значение скоростей и ускорений на границах интервала рабочего перемещения.

Грейферные питатели

Грейферные питатели применяют в массовом и крупносерийном, в основном в штамповочном производстве, в приборостроении на операциях сборки полупроводниковых элементов, для подачи в ориентированном положении плоских и полых предметов обработки при многопереходной обработке в последовательном штампе или многопозиционном прессе-автомате и многооперационной обработке на нескольких в один ряд расположенных технологических машинах. В последнем случае могут быть использованы машины для различных видов обработки: штамповки, обработки резанием, сварки, сборки и др. Рабочий орган питателя – грейферные линейки – может осуществлять движение трех видов: однокоординатное – возвратно-поступательное в одной плоскости; двухкоординатное – в одной или двух взаимно перпендикулярных плоскостях; трехкоординатное – в трех плоскостях.

При однокоординатном движении грейферные линейки совершают поперечное относительно оси грейфера движение для захвата предмета обработки и отходов, а продольное – для перемещения предметов обработки с позиции на позицию и возвращения грейфера в исходное положение.

При двухкоординатном движении вертикальный подъем линеек осуществляется для съема предметов обработки с рабочей и холостых позиций и укладки их на следующие позиции, а продольное движение – для перемещения предметов обработки и возвращения линеек в исходное положение.

При трехкоординатном движении поперечный ход предназначен для захвата предметов обработки и отходов, вертикальный – для съема предметов обработки с фиксаторов штампов и с холостых позиций и укладки на следующие позиции, продольный – для перемещения с позиции на позицию и возвращения линеек в исходное положение.

Однокоординатные грейферы используют в основном для перемещения толстолистовых предметов обработки на операциях пробивки, гибки, неглубокой вытяжки, формовки, в ряде случаев их изготавливают переналаживаемыми. Привод, как правило, индивидуальный или от ползуна прессы. Двухкоординатные горизонтальные грейферы наиболее распространены в многопозиционных прессах-автоматах, а вертикальные – в линиях обработки крупных предметов обработки.

Трехкоординатные грейферы наиболее универсальные, но массы их движущихся элементов значительно больше, их привод сложнее, вследствие чего скорости перемещения ниже, чем у других грейферов.

В зависимости от траектории движения, габаритных размеров и массы предметов обработки, питатели могут получать движение от одного привода или от нескольких.

Число рабочих позиций определяется принятым технологическим процессом. Число холостых позиций n при многооперационной обработке на нескольких технологических машинах определяется числом последних и их расположением. Между двумя

машинами это число зависит от расстояния между их центрами (осями) L и величиной продольного хода l_x грейфера, т. е.

$$n = L / l_x.$$

Продольный ход грейфера устанавливают в зависимости от наибольшего размера предметов обработки в направлении перемещения:

$$l_x = (1,1 \dots 1,35)l_3,$$

где l_3 – размер предмета обработки в направлении перемещения, мм.

Большие значения относятся к мелким предметам обработки. Для вытяжных работ на прессах это выражение имеет вид при $m_{об} = 0,33 \dots 0,45$:

$$l_x = (0,8 \dots 1,0)H_{п},$$

где $m_{об}$ – общий коэффициент вытяжки; $H_{п}$ – ход ползуна прессы, мм.

Поперечный ход $l_{п}$ линеен в горизонтальной плоскости и зависит от размеров предмета обработки в направлении поперечного хода и верхней части инструмента, которая в нижнем крайнем положении может соприкасаться с захватными элементами грейфера. Обычно $l_{п} = 25 \dots 300$ мм.

Расстояние между разомкнутыми захватными элементами и опустившейся верхней частью штампа должно позволять свободное перемещение захватных элементов (гарантийный зазор равен или больше 5 мм на сторону). В случае необходимости иметь переналаживаемый питатель следует предусмотреть регулировку расстояния между захватными элементами или их замену. Величина вертикального хода определяется высотой обрабатываемых предметов обработки и расположением их в инструменте, видом технологического процесса и складывается из толщины линеек, высоты ПО на переходах и гарантированных зазоров. Гарантированные зазоры принимают равными 5...25 мм.

Грейферные линейки изготавливают из стали и алюминиевых сплавов. Последние для повышения износостойкости армируют стальными закаленными вставками.

Питатель может загружаться из магазина и из вырубного штампа на загрузочной позиции. Перемещение с позиции на позицию может осуществляться без захвата – клавишами (рис. 2.1, а) или полуоткрытыми трафаретами по контуру ПО (рис. 2.1, б) и с захватом ПО – клещами (рис. 2.1, в) или зажимными колодками (рис. 2.1, г). При горизонтальном расположении осей инструмента для перемещения ПО используют каретку (рис. 2.1, д) или зажимные колодки (рис. 2.1, е).

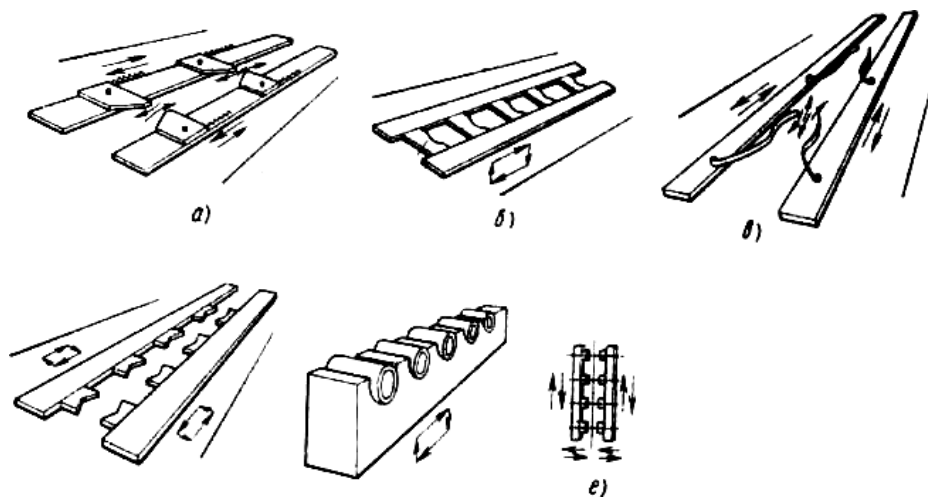


Рисунок 2.1 – Виды захватов в грейферных питателях

Удаление предметов обработки с разгрузочной позиции осуществляется напровал, захватными элементами, последующим предметом обработки, струей сжатого воздуха. Отходы удаляют в зависимости от их размеров и места образования напровал, разрубкой специальными ножами и сталкиванием их по склизам, струей сжатого воздуха или специальными устройствами по выемкам в штампах и по склизам.

Фиксацию на рабочих и холостых позициях осуществляют с помощью захватных элементов линеек, специальными фиксаторами и рабочим инструментом.

Блокировка предусматривается для контроля наличия ПО и правильности их Ориентации на рабочих позициях, наличия и состояния инструмента (например, пуансонов малого размера), соблюдения циклограммы в части своевременного движения и остановок.

Скорости рабочего перемещения грейферных линеек и точность укладки ПО на позициях, а также время холостых ходов определяют величину цикла работы питателя, а следовательно, и его производительность. Захваты и линейки могут перемещаться в продольном и поперечном направлениях последовательно и иметь траектории движения в виде прямоугольника, с некоторым сдвигом по фазе в виде четырехугольника с округленными сторонами и в виде сегмента.

На рисунке 2.2 представлен двухкоординатный горизонтальный грейферный питатель, устанавливаемый на открытом однокривошипном прессе. Привод осуществляется от вала пресса через две пары конических зубчатых колес 12 и 13, цепную передачу 14, вал 15, зубчатое колесо 20 с эксцентриком, которая обкатывает неподвижное (солнечное) зубчатое колесо 10. Эксцентрик зубчатого колеса 20 шарнирно соединен с кареткой 6, скользящей по направляющим штангам.

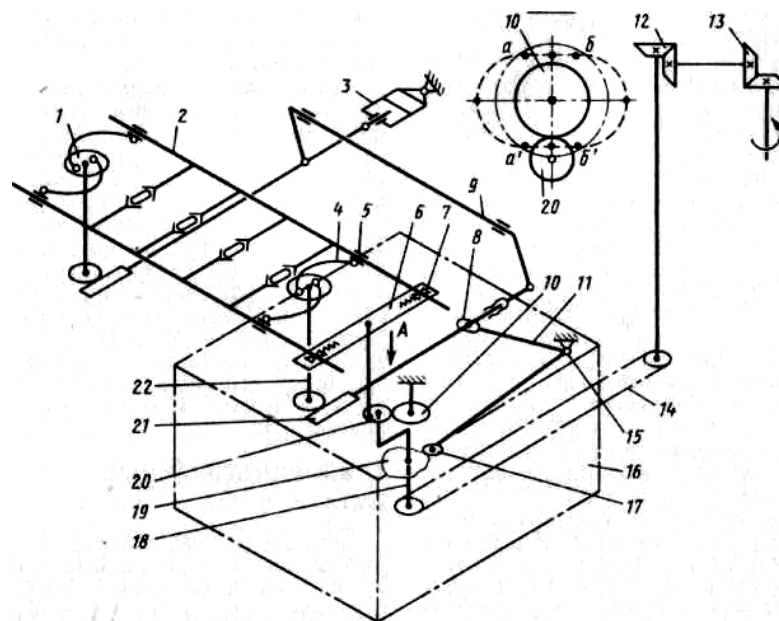


Рисунок 2.2 – Схема грейферного питателя

Линейки 2 укреплены на каретке 6 подпружиненными вставками 7. В случае заклинивания линеек вставки 7 расходятся, освобождая их и одновременно воздействуя на конечные выключатели, выдающие сигнал на остановку пресса. Эксцентриковый палец зубчатого колеса 20, обкатывая зубчатое колесо 10, совершает движение по эллиптической орбите. Линейки 2 получают продольное перемещение при движении эксцентрикового пальца по участкам орбиты aa' и bb' . Расхождение и сближение линеек осуществляется в момент прохождения пальцем участков орбиты ab и $a'b'$. Сближение линеек происходит следующим образом: на приводном валу 18 закреплен кулачок 19. С

контуром кулачка контактирует ролик 17 рычага 11, сидящего на оси 15 корпуса 16. На другом конце рычага имеется удлиненное отверстие, через которое проходит палец 5, укрепленный на тяге зубчатой рейки 21. Рейка с помощью пневмоцилиндра 3 постоянно прижимает ролик к кулачку 19. При вращении последнего поворачивается рычаг 11. Качание рычага сообщает возвратно-поступательное движение рейке, которая в свою очередь поворачивает вал 22 на 180°. Тяги 4, связанные с диском 1 и ползушками 5, в которых могут скользить линейки, сводят и разводят их. Ползунки движутся по направляющим. Движение рейке 21 передается от вала 9, проходящего через станину прессы, на вторую каретку поперечного хода линеек; обе рейки работают синхронно. Устройство с дисками и тягами обеспечивает минимальную скорость в начале и конце движения линеек.

Комбинированные питатели

Комбинированные питатели состоят из последовательно действующих питателей, обеспечивающих наиболее рациональную и эффективную подачу ПО от места загрузки к рабочей зоне в массовом и крупносерийном производстве, когда одним питателем это достигнуть невозможно.

Выбор схемы подачи, видов и конструкций питателей определяется конфигурацией и размерами ПО, технологией его изготовления, расстоянием между местом загрузки и рабочей позицией, а также взаимным их расположением.

Питатель, представленный на рис. 2.3, состоит из шибера и грейферного питателя. ПО из штампа, расположенного над питателем, проталкивается пуансоном через матрицу 4 и попадает в полувтулку 5 (трафарет) шибера. Каретка 1 с клавишами 8 (грейфер) получает движение для перемещения ПО с позиции на позицию от вала прессы (на рисунке не показано) через коническую пару зубчатых колес 8, кулачок 7 и ролик 6. Шибер встроен в каретку 1. В исходное положение грейфер возвращается пружиной 2, в то время как рабочий инструмент (пуансоны) фиксируются, чтобы последние не могли быть перемещены обратно вместе с охватывающими их подпружиненными клавишами.

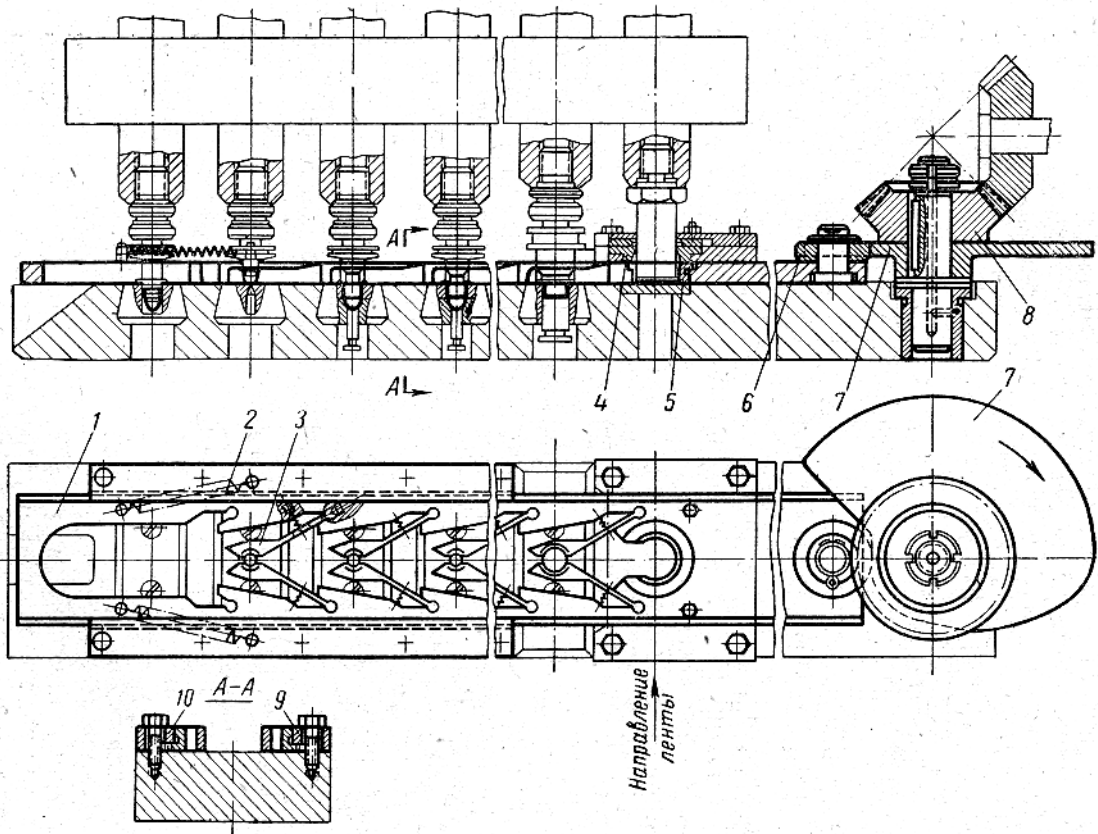


Рисунок 2.3 – Комбинированный питатель

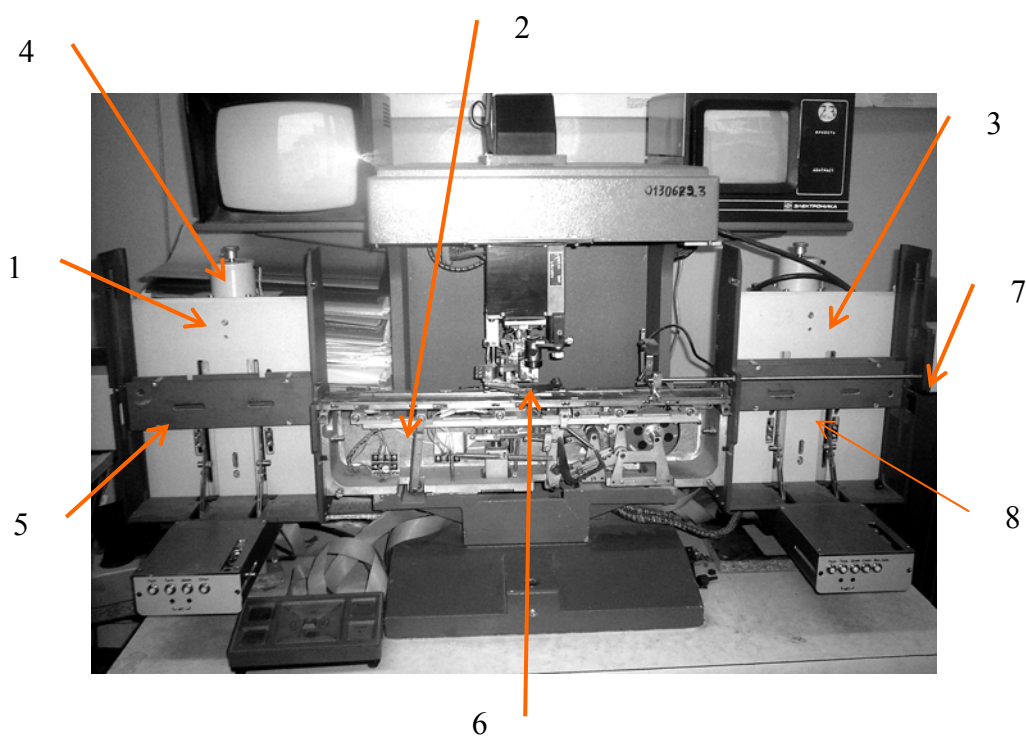
Промышленные роботы

Промышленные роботы (ПР) представляют собой новый класс универсальных автоматических средств комплексной автоматизации производственных процессов. Благодаря возможности быстрой переналадки ПР обеспечивают наибольший эффект в условиях частой смены объектов производства. Поэтому с ПР связано развитие качественно нового направления в автоматизации мелкосерийного многономенклатурного производства, основанного на объединении роботов и автоматизированного технологического оборудования в гибкие производственные системы различной сложности. Применение ПР в массовом производстве позволяет в более сжатые сроки комплектовать автоматические линии различного назначения [].

Комплексное применение ПР обеспечивает повышение производительности труда в 1,5...2 раза (на некоторых операциях в 3...5 раз), коэффициента сменности оборудования в 2 раза при одновременном улучшении ритмичности и общей культуры производства. Использование ПР открыло перспективы создания принципиально новых технологических процессов не связанных с ограничениями, которые накладывает участие человека. Большая часть эксплуатируемых сейчас ПР принадлежит к поколению программно-управляемых роботов. Это, в первую очередь, ПР с цикловой и позиционной системой программного управления. Главное преимущество таких роботов заключается в том, что они перекрывают значительный спектр технологических операций при достаточно простом конструктивном исполнении, высокой надежности, доступности обслуживания и ремонта. Наиболее эффективно их использование на монотонно-циклических операциях при сравнительно редких переналадках на новый вид работ. Поэтому, несмотря на развитие ПР последующих поколений (с адаптивным и интеллектуальным управлением), потребность в простых программных роботах не снижается, а, наоборот, продолжается их усовершенствование и развитие.

Описание лабораторной установки.

В качестве лабораторной установки используется автомат присоединения проволочных выводов при производстве микросхем ЭМ-4090. Установка состоит из устройства кассетной загрузки заготовок 1 (Рисунок.2.4), грейферного механизма 2 для подачи заготовок в зону сварки выводов и кассетной системы 3 приема заготовок. Заготовки микросхем устанавливаются на подложку специальной ленты с перфорацией для грейферного захвата. При вращении вала шагового электродвигателя 4 левая подающая кассета 5 с перфорированными лентами опускается до входного паза грейферного механизма, в этот момент включается шаговый двигатель шиберного питателя и перфорированная лента выталкивается из кассеты на позицию захвата грейферного питателя. С помощью грейферного питателя лента с заготовками микросхем подается на позицию сварки 6. По окончании операции сварки всех заготовок на ленте, включается правый электродвигатель 7 шиберного механизма и лента подается в приемную ячейку приемной кассеты 8. Одновременно с правой кассеты подается новая перфорированная лента с заготовками и процесс пошаговой подачи заготовок в зону сварки автоматически повторяется.



Порядок выполнения работы

1. Подключить установку к сети 380 В. при помощи специальной вилки и перевести выключатель установки в положение «Вкл».
2. В левый механизм загрузки заготовок установить кассету с перфорированной лентой с заготовками.
3. На панели управления левого механизма загрузки, нажать кнопку «Пуск» и затем нажать кнопку «Толк» для привода толкателя и довести ленту при помощи грейферного питателя до конечного выключателя правого механизма разгрузки заготовок.
4. Нажать на кнопку «Пуск» правого механизма разгрузки заготовок и шиберным питателем подать ленту в канал приемной кассеты.
5. Изучить кинематику работы установки.

6. Построить циклограмму работы механизмов загрузки, подачи и разгрузки заготовок.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Оборудование и принадлежности.
3. Краткие сведения о питателях.
4. Описание устройства грейферного питателя.
5. Циклограмма работы механизмов загрузки, подачи и разгрузки заготовок

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Как подразделяют питатели в зависимости от характера движения рабочих органов?
2. Принцип действия шибберных питателей их достоинство и недостатки.
3. Как необходимо выбрать закон движения шиббера?
4. Устройство и принцип действия револьверных питателей.
5. Устройство и принцип действия одно-, двух-, и трехкоординатных грейферных питателей.
8. Принцип действия комбинированных питателей.

Литература

Автоматическая загрузка технологических машин. Справочник / И.С. Бляхаров, А.А. Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1990 – 400 с.

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАГОТОВОК И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОДИМОСТИ ЛОТКОВ

Цель работы: изучение конструкции и принципов расчета устройств для транспортирования заготовок.

Оборудование и принадлежности к работе

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1. Резьбонарезной автомат 2А061 | 1 шт.; |
| 2. Фрезерный автомат N 8018 | 1 шт.; |
| 3. Различные типы лотков | |

Основные положения

Транспортированием мы называем перемещение полезных грузов (загруженных деталей) в пространстве. Поэтому все основные функции каждого бункерного загрузочного устройства БЗУ (захват, ориентирование и собственно загрузка или питание) могут быть отнесены к транспортирующим потому, что ни одна из названных функций не может осуществляться без перемещения деталей в пространстве. Однако, так как хватные, ориентирующие и питающие органы предназначены не столько для транспор-

тирования, сколько для выполнения своих специфических функций, в БЗУ транспортируемыми будем считать только те органы, которые служат специально для транспортирования деталей, т.е. для перемещения их от одной позиции к другой и от бункера к накопителю. Такими органами в БЗУ являются лотки.

Лотки служат для транспортирования главным образом ориентированных деталей. Лоток обычно состоит из двух частей: приемной и транспортирующей. Приемная часть лотка может больше или меньше отличаться от транспортирующей. Это отличие исчезнет только в тех случаях, когда лоток является естественным продолжением захватного органа, как, например, в щелевых, секторных и инерционных БЗУ. В общем случае форма приемной части лотка зависит от формы траектории свободного движения деталей, выходящих из захватного органа.

Форма приемной части лотка считается правильной, если ее продольный профиль соответствует траектории движения деталей.

Основные признаки, по которым классифицируются лотки:

1) характер силы, под действием которой происходит движение деталей в лотке (принцип действия);

2) характер движения деталей в лотке;

3) форма продольного и поперечного сечения лотка;

4) конструктивные особенности лотка.

По 1-му признаку конструкции лотков можно разделить на четыре основные группы:

1) гравитационные, в которых движение деталей происходит под действием силы тяжести,

2) инерционные, в которых движение происходит под действием сил инерции,

3) фрикционные, движение – под действием сил трения,

4) механические, движение осуществляется принудительно под действием механизма.

Наиболее распространенными являются лотки гравитационные, отличающиеся наибольшей простотой, т. к. движение деталей в них происходит без помощи отдельных источников энергии. В то же время такие лотки имеют значительные недостатки: во первых, движение деталей возможно только сверху вниз при наклоне лотка, превышающем угол трения, и, во - вторых, возможности регулирования скорости движения деталей ограничены. Указанные недостатки отсутствуют в лотках инерционных и фрикционных.

По характеру движения деталей лотки можно подразделить на лотки-склизы, в которых детали перемещаются скольжением (если между поверхностями лотка и заготовки есть сила трения скольжения), лотки-скаты, в которых детали катятся (если между поверхностями лотка и заготовки есть сила трения качения) и лотки-рольганги, в которых детали перемещаются по вращающимся роликам. В зависимости от формы поперечного сечения лотки можно разделить на лотки с прямоугольным поперечным сечением, лотки угловые, лотки однорельсовые, лотки двухрельсовые. В зависимости от формы продольного профиля лотки можно подразделить на прямолинейные и криволинейные. В свою очередь, лотки криволинейные можно подразделить на изогнутые, винтовые, синусоидальные или лотки-змейки.

Дальнейшая классификация лотков возможна по некоторым конструктивным признакам, свойственным отдельным группам лотков. Так, например, гравитационные цилиндрические лотки-склизы могут быть жесткими и гибкими, лотки-транспортеры могут быть ленточными и цепными и т. д. Как уже отмечалось выше, лотки могут служить не только для транспортирования, но одновременно могут выполнять также функции других органов. Так, например, в вибрационных ориентирующих устройствах лотки служат дополнительно захватными органами и ориентирующими органами пер-

вичной ориентации. Кроме того, почти во всех типах БОУ лотки являются одновременно накопителями ориентированных деталей.

Расчет конструктивных параметров лотков.

По форме продольного профиля лотки бывают (рис. 3.1) прямолинейные обычные (рис. 3.1а), прямолинейные роликовые (рис. 3.1б), изогнутые, винтовые (спиральные), зигзагообразные и специальные (змейковые, каскадные, на воздушной подушке и др.).

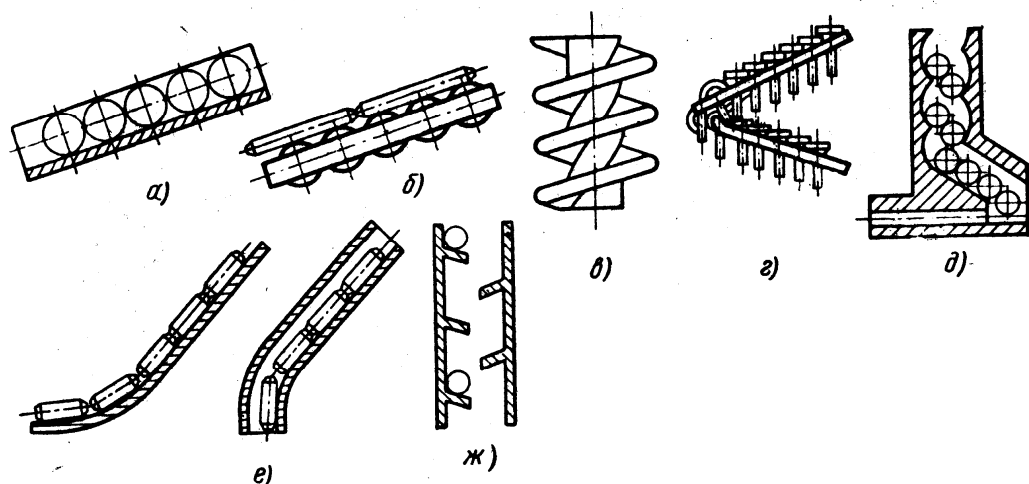


Рисунок 3.1 – Типы лотков

а – прямолинейные обычные; б – прямолинейные роликовые; в – спиральные;
 г – овальные; д – змейковые; е – дугообразные; ж – каскадные

По форме поперечного сечения различают открытые и закрытые лотки (рис. 3.2). Закрытые применяют при вертикальном расположении лотка, наклоне лотка под углом свыше 10° при большой длине заготовок и независимо от длины для заготовок типа колпачков, ступенчатых и конических валиков, так как они имеют склонность перекашиваться. В закрытых лотках в стенках делают смотровые щели для наблюдения за перемещением и устранения заклинивания заготовок.

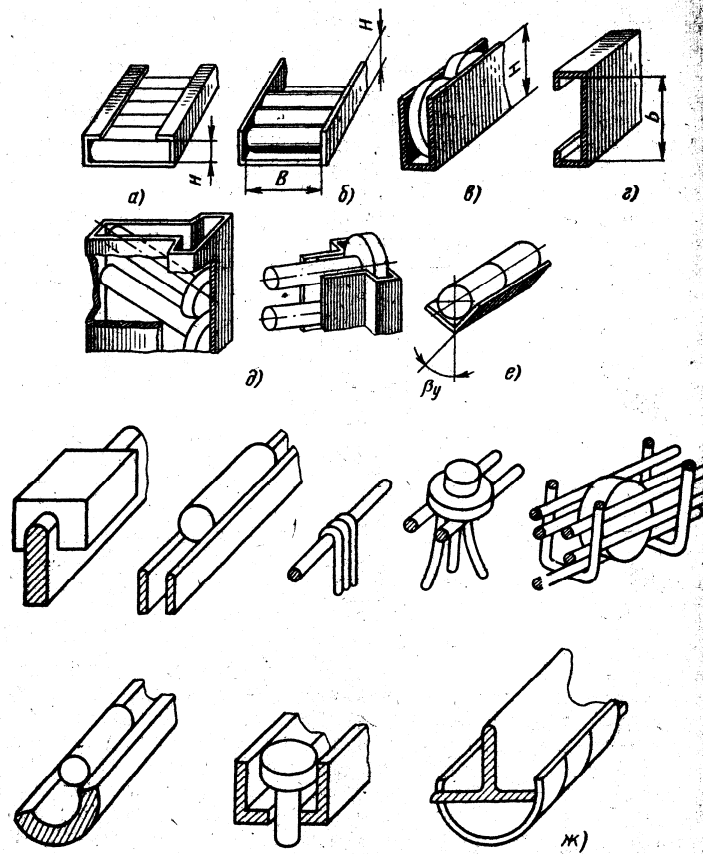


Рисунок 3.2 – Поперечное сечение лотков:

а – закрытый для валиков; б – открытый для валиков; в – открытый для дисков;
г – закрытый для дисков. д – пазовые лотки; е – угловой лоток;
ж – стержневые и специальные

Расчет лотков состоит в определении размеров в поперечном и продольном сечениях, наклоне лотка и скоростей перемещения заготовок.

Расчет геометрических размеров лотков в поперечном и продольном сечениях.

Высота стенок (бортов) открытых лотков для валиков $H = (0,55 \dots 0,6)R$; для колец и дисков $H > 0,6R$ для заготовок с односторонней полостью (колпачков) $H = (0,7 \dots 0,8)R$; у закрытых лотков $H = R + \Delta'$, где R – радиус заготовки; Δ' – зазор, принимаемый $0,5 \dots 1$ мм.

При расчете ширины корыччатого открытого лотка B (рис. 3.3) для заготовок (валиков) исключают возможность заклинивания в процессе перемещения, т. е. обеспечивается надежная проходимость заготовок в лотке, откуда

$$B = L + \Delta,$$

где L – длина заготовки; Δ – допустимый зазор.

Проходимость заготовок в лотке зависит от конфигурации торцов и контура заготовок.

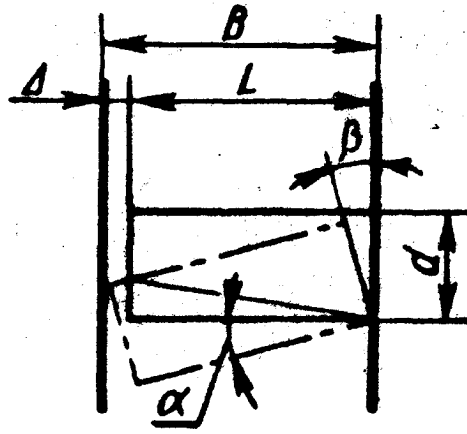


Рисунок 3.3 – Схема для расчета проходимости заготовок (деталей) в коробчатых лотках

Условие незаклинивания заготовки в лотке согласно обозначениям, принятым на рис. 3.3, можно выразить как

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \operatorname{tg} \rho = f,$$

где α – угол перекося заготовки в лотке; ρ – угол трения; f – коэффициент трения между заготовкой и стенками лотка.

Для заготовок с плоскими торцами

$$\Delta = \sqrt{d^2 + L^2} \cos \alpha - L$$

где d – диаметр заготовки.

Если выразить $\cos \alpha$ через $\operatorname{tg} \alpha$ и принять $\rho = \alpha$, получим

$$\Delta = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{\sqrt{1 + f^2}} - L$$

а, следовательно, ширина лотка для заготовок с плоскими торцами

$$B = L + \Delta = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{\sqrt{1 + f^2}}$$

Размеры, вычисленные по этой формуле, дают предельные значения зазора Δ при определенном значении коэффициента трения f . Следовательно, расчетные наибольшие значения зазора Δ_{\max} должны быть всегда несколько меньшими или, в крайнем случае, равными предельным. Таким образом, ширина лотка B должна удовлетворять двум требованиям одновременно:

$$L + \Delta_{\min} \leq B \leq L + \Delta_{\max}$$

Зазор Δ_{\max} следует определять, учитывая величину допусков на длину L и ширину B , т. е. в формулу для B надо подставлять наименьшие значения d и L . Наименьший

зазор Δ обычно берут по посадке с гарантированным зазором. Если торцы заготовки выполнены с фасками, выточками и т. п., расчетный диаметр d следует уменьшить.

Угол наклона лотка к горизонту для тел качения, необходимый для перемещения деталей под действием собственного веса (рис. 3.2б), рассчитывают с учетом сил трения при контакте заготовки со стенками лотка:

$$\sin \gamma \geq K f_1 \left(f_1 \sqrt{\frac{2H}{R}} + \operatorname{tg} \beta \right),$$

где f_1 —коэффициент трения между заготовкой и стенками лотка; H — высота стенки (борта) лотка; R — радиус заготовки; β — угол перегиба (поворота заготовки), т. е. угол, составленный торцом заготовки со стенкой лотка при одновременном контакте заготовки с обеими стенками; K — коэффициент запаса, зависящий от чистоты лотка, для чистых лотков $K = 1,2$, для обычных $K = 1,5$ и для загрязненных $K = 2,5 \dots 3$.

Ширину изогнутых участков в зависимости от формы заготовки рассчитывают по следующим формулам (рис.3.4):

для случая, показанного на рис. 3.4а,

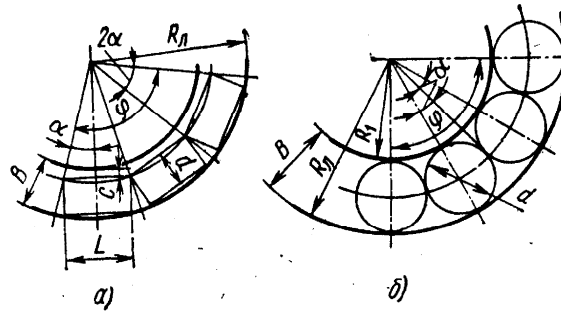


Рисунок 3.4 – Схемы для расчета радиуса закругления лотков
а – со скольжением; б – с качением;

$$B = R_{\text{л}} - 0,5\sqrt{4R_{\text{л}}^2 - L^2} + d + C = 0,5 \left[\sqrt{(R_{\text{л}} + d)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} \right] - (R_{\text{л}} - d);$$

число заготовок на криволинейном участке

$$n = \frac{\varphi}{2\alpha}; \quad \sin \varphi = \frac{L}{2R_{\text{л}} - d}$$

для случая, показанного на рис. 3.4б,

$$B = d + \Delta d + (1,0 \dots 1,5); \quad B = R_{\text{л}} - R_1;$$

число заготовок на криволинейном участке

$$n = \frac{\varphi}{2\alpha} + 1; \quad \sin \varphi = \frac{d}{2R_{\text{л}} - d}$$

В тех случаях, когда лоток выполнен так, как показано на схеме (рис. 3.5), для того чтобы крайняя (заштрихованная) заготовка заняла требуемое положение, необходимо, чтобы заготовки, находящиеся на наклонной части лотка (n_2 шт.), могли сдвинуть заготовки, находящиеся на прямом участке (n_1 шт.).

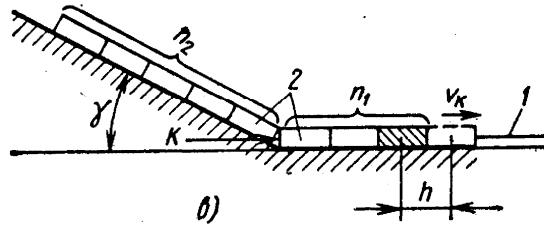


Рисунок 3.5 – Схема расчета наклонного лотка

Для того, чтобы заготовки двигались, необходимо соблюдать следующие условия:

$$n > \left[\frac{(n_1 + 0,5)f_1}{\sin \gamma - f \cos \gamma} + 0,5 \right] \text{ и } \sin \gamma > f \cos \gamma,$$

где f_1 – коэффициент трения скольжения, для металлических заготовок равен 0,2...0,3.

В тех случаях, когда не соблюдается первое неравенство, для продвижения заготовок n_1 необходимо установить дополнительный толкатель, имеющий перемещение по направлению стрелки К (см. рис 3.5). Если же не соблюдается второе неравенство, движение вообще невозможно. Для заготовок, перемещаемых скольжением, $\gamma > 25^\circ$, а качением $\gamma > 12^\circ$.

Расчет времени перемещения заготовок по лотку.

Время перемещения по горизонтальному лотку при условии, что заготовки не соприкасаются со стенками лотка,

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g(\sin \gamma - f \cos \gamma)}},$$

а если заготовки соприкасаются с обеими стенками лотка, то

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g \left[\sin \gamma - f \cos \gamma - f_c \left(f \sqrt{\frac{2H}{R}} + \operatorname{tg} \beta' \right) \right]}},$$

где β' – угол поворота заготовки; f_c – коэффициент трения поперечного скольжения заготовки; H – высота; s – путь заготовки; f – коэффициент трения качения.

Время перемещения заготовки по вертикальному лотку

$$t = K_1 \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

где H – высота перемещения заготовки в м; K_1 – коэффициент запаса, учитывающий трение заготовки о стенки лотка, а также дополнительное время, необходимое для ускорения заготовки после перемещения, $K_1 = 1,5 \dots 2,0$.

Расчет скорости скольжения заготовки по наклонному лотку.

При расчете скорости скольжения обычно рассчитывается конечная скорость заготовки в точке В (рис. 3.6).

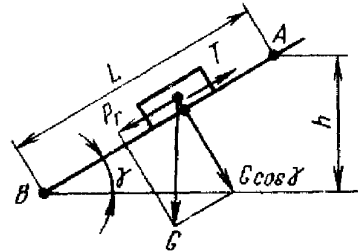


Рисунок 3.6 – Схема движения ПО по наклонному лотку

$$V_k = \sqrt{2gh \cdot (1 - \mu' \operatorname{ctg} \gamma) + V_0^2}, \quad \mu' = \operatorname{tg} \gamma_1,$$

где γ_1 – угол наклона при котором начинается движение изделия по наклонной поверхности, γ_1 обычно принимают равным ρ – углу трения; γ – угол наклона лотка в горизонтальной плоскости; g – ускорение силы тяжести; h – высота спуска, в мм; V_0 – начальная скорость изделия в точке А.

В целях неперевышения допустимой скорости рекомендуется делать лотки с двумя различными углами (рис. 3.7).

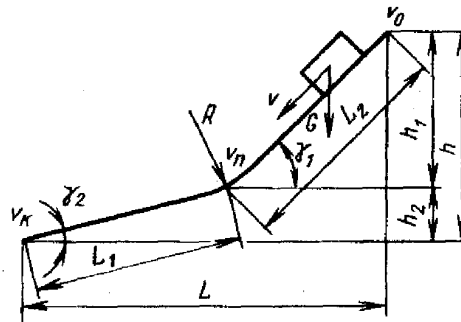


Рисунок 3.7 – Схема движения ПО по лотку с двумя углами наклона

Участок лотка с большим углом γ_1 служит для быстрого перемещения, а с меньшим углом γ_2 – для торможения. Переход от одного угла к другому должен быть плавным с радиусом закругления $R > l_3$ (длина заготовки). Угол γ_1 определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{2gh\mu'}{2gh + V_0^2 - V_k^2}.$$

Оптимальными углами корыччатых лотков-склизов на практике считаются $20 \dots 25^\circ$.

Угол наклона пологого участка должен удовлетворять условию $\gamma_2 < \rho$.

При заданных величинах V_0 , V_k , h , длина l горизонтальной проекции лотка определяется по формуле

$$L = \frac{2gh + V_0^2 - V_k^2}{2g\mu'}$$

Место перегиба лотка выбирают по конструкторским соображениям конечную скорость движения цилиндрического изделия или предмета обработки по наклонному магазину или лотку определяют по следующим формулам.

Без учета касания заготовки бортов конечная скорость высчитывается по формуле

$$V_k = \sqrt{2g \cdot \left(\frac{2}{3}h\right)} = 0,816\sqrt{2gh}.$$

Для цилиндрических заготовок или предметов обработки V_k высчитывается по формуле:

$$V_k = \sqrt{2g \left(\frac{1}{2}h\right)} = 0,707\sqrt{2gh},$$

с учетом касания заготовки бортов:

$$V_k = 0,6\sqrt{2gh},$$

Для кольцевых:

$$V_k = 0,4\sqrt{2gh}$$

Указанные формулы применимы: для цилиндрических ПО при $\text{tg}\gamma = 3\mu'$, для кольцевых ПО при $\text{tg}\gamma = 2\mu'$. При этих условиях обеспечивается качение без проскальзывания (рис. 3.8).

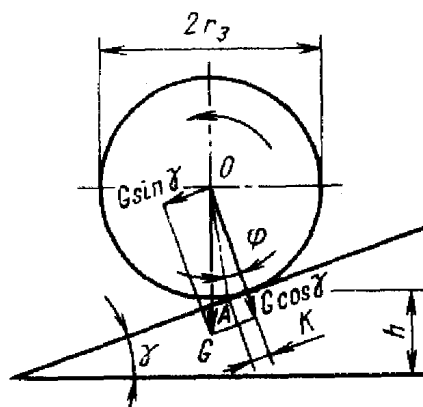


Рисунок 3.8 – Схема качения без скольжения цилиндрического ПО по наклонной плоскости

Коэффициенты трения μ' рассчитывают по формулам:

для цилиндрических ПО $\mu' > \frac{2k_0}{3r_3}$; для кольцевых $\mu' > \frac{k_0}{2r_3}$. k_0 – коэффициент трения

качения, принимаемый в зависимости от материалов трущихся пар: мягкая сталь–

мягкая сталь $k_0 = 0,005$; закаленная сталь – закаленная сталь $k_0 = 0,01$; чугун – чугун $k_0 = 0,05$; дерево – сталь $k_0 = 0,3 \dots 0,4$.

Лотки пазовые (рис. 3.9), их называют иногда рельсовыми, применяют для накопления заготовок с буртом. Угол наклона у этих лотков берет большим, чем у обычных коробчатых.

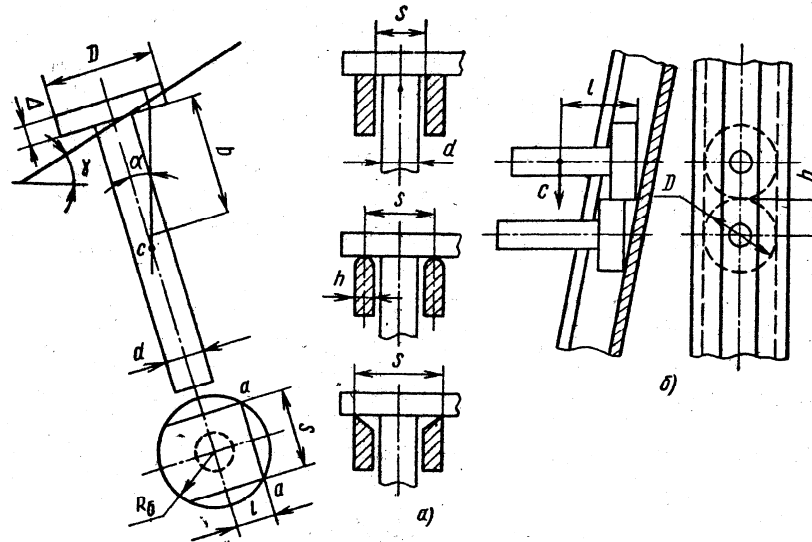


Рисунок 3.9 – Пазовые лотки для деталей с буртом

Как показывает практика, для этих лотков $\gamma = 26^\circ$. Если заготовки движутся, соприкасаясь цилиндрическими поверхностями головок, должно быть соблюдено неравенство $\gamma < \alpha$ или

$$\operatorname{tg} \gamma < \frac{\sqrt{R_6^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}}{b},$$

где S – расстояние между точками а–а контакта (опоры) головки заготовки; R_6 – радиус бурта заготовки; b – расстояние от нижней плоскости бурта до центра тяжести c заготовки; $S = B_1 + h$; B_1 – расстояние между внутренними стенками лотка; $B_1 = 1,1d$; d – диаметр стержня заготовки, h – толщина стенок (рельсов) лотка (выбирается конструктивно); l – расстояние точек контакта а от оси детали, $l = \sqrt{R_6^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}$.

Для того чтобы бурты заготовок, расположенные внахлестку, не мешали друг другу, вызывая дополнительные сопротивления движению заготовок, должно быть соблюдено требование $k \geq 1,1\Delta_1$, где Δ_1 – толщина бурта.

В тех случаях, когда пазовый лоток выполнен так, как показано на рис. 3.9б, перемещение заготовок с буртом по вертикальному лотку возможно при $h/l > f$ или

$$f < \frac{D}{2(b+h)},$$

где l – расстояние центра тяжести c заготовки от задней стенки лотка;

$h = 0,5D$; D – диаметр бурта (головки) заготовки.

Угловые лотки-склизы (см. рис. 3.10) применяют для перемещения заготовок, точно ориентированных вдоль оси. Для перемещения заготовок в угловом лотке требуются большие силы, чем в плоском лотке; следовательно, угловой лоток должен иметь угол наклона, больший, чем плоский лоток.

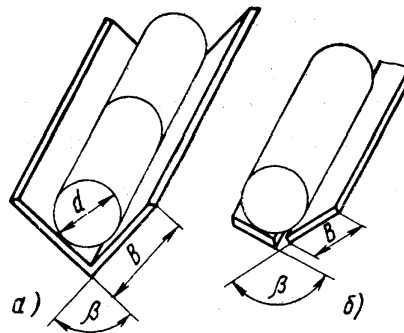


Рисунок 3.10 – Угловые лотки: а – из угловой стали; б – из полосовой

Боковые стенки угловых лотков при массе заготовок до 5 кг располагают под углом $\beta = 45^\circ$, а при массе заготовок более 5 кг – $\beta = 60^\circ$. Лотки изготавливают из угловой (рис. 5.10а) или полосовой стали (рис. 5.10б). Длина борта в первом случае $B = (0,7 \dots 0,8)d$, а во втором $B = (0,6 \dots 0,7)d$. При скольжении в угловых лотках сила $P = fG/\sin\beta = f'G$; $f' = f/\sin\beta$ возрастает при угле $\beta = 30^\circ$.

Змейковые лотки применяют для перемещения в направлении, перпендикулярном оси ПО гладких и ступенчатых валиков, цилиндрических полых заготовок, длина которых в четыре раза и более больше диаметра (рисунок 3.11).

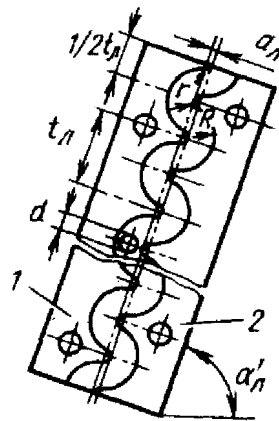


Рисунок 3.11 – Расчетная схема змейкового лотка

Лоток имеет две щеки, у которых внутренние поверхности волнистые. Шаг волнистой поверхности:

$$t_{\text{л}} = 2(d_3 + \Delta d_3 + 2r')\sqrt{1 - \sin^2 \beta_{\text{л}}},$$

где d_3 – диаметр заготовки; Δd_3 – зазор между заготовкой и направляющими поверхностями; r' – малый радиус закругления лотка.

$$\beta_{\text{л}} = \left[(\rho + \alpha'_{\text{л}}) \arcsin \frac{r'+1}{d_3 + \Delta d_3 + 2r'} \right], \quad \rho = \operatorname{arctg} \mu'$$

Расстояние между осевыми линиями, проходящими через центры кривизны, цилиндрических поверхностей обеих щек рассчитывается по формуле:

$$a_{\text{л}} = (d_3 + \Delta d_3 + 2r') \sin \beta_{\text{л}}$$

Радиусы принимают, исходя из диаметра заготовки:

если $d_3 > 10$ мм, то радиус принимается $r = 0,1d_3$;

если $d_3 < 5$ мм, то радиус принимается $r = 0,5$ мм;

если $5 < d_3 < 10$ мм, то радиус принимается $r = 1$ мм.

Лотки с пневмоподушкой (рис. 3.12) используют при самотечном перемещении, когда не допускается истирание или образование рисок на плоскости скольжения у ПО, когда они изготовлены из материалов с высокими фрикционными свойствами (абразив, резина и др.), крупных и очень мелких ПО и если требуется иметь малый угол наклона лотка (меньше угла трения); при перемещении на большие расстояния.

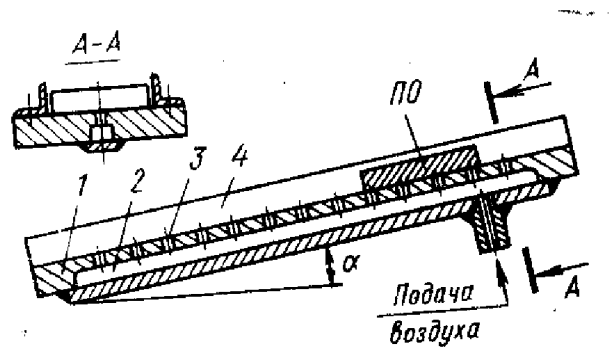


Рисунок 3.12 – Лоток с пневмоподушкой: 1 – опорная плоскость лотка; 2 – канал для воздуха; 3 – отверстия для воздуха, 4 – боковые стенки

Для того чтобы образовалась воздушная подушка толщиной более 0,01 мм, необходимо создать давление в прослойке $p_1 \geq G/F_0$, где F_0 – площадь опорной поверхности ПО.

При этом условии давление сжатого воздуха, поступающего в лоток:

$$p = p_1 \left[1 + \left(\frac{K}{n\pi d} \right)^2 \right],$$

где K – периметр опорной поверхности ПО, м; n – число отверстий в лотке, перекрываемых ПО; d – диаметр отверстий в лотке, м.

Диаметр входного отверстия в лотке, см:

$$d_0 = \sqrt{\frac{F_n}{0,785}},$$

где F_n – площадь всех отверстий на плоскости лотка, м^2 .
Расход воздуха в м^3 :

$$V = 0,2 \cdot \frac{F_n c p}{\sqrt{T_1}} \cdot 10^3,$$

где F – площадь сечения отверстия; c – коэффициент расхода воздуха, если кромки закруглены, то $c = 0,47$, если не закруглены $c = 0,5 \dots 0,65$; T_1 – температура воздуха на входе; p – давление воздуха на входе, выбирается по номограмме (рис. 3.13).

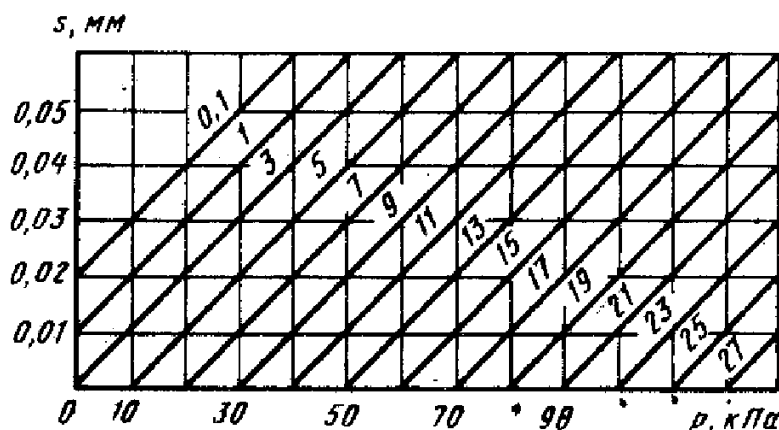


Рисунок 3.13 – Давление воздуха на входе p в зависимости от требуемого давления p_d на единицу опорной площади и толщины прослойки s

Такие лотки успешно используются, если заготовки имеют большие плоскости скольжения и достаточно ровную поверхность. Жесткость лотка должна исключать прогиб его плоскости скольжения.

При неровной или грубо обработанной поверхности детали следует помещать в спутники.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкциями транспортирующих устройств.
2. Рассчитать проходимость предложенных преподавателем лотков и скорость движения предмета обработки.
3. Начертить эскиз предмета обработки и профиля лотка.

Содержание отчета

1. Расчет параметров лотка и скорости предмета обработки в конечной точке лотка.
2. Эскизы предмета обработки и лотка.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Виды лотков и области их применения.
2. Как рассчитываются основные размеры лотков?
3. Как рассчитывается скорость скольжения детали по лотку?

4. Для каких целей применяются змейковые лотки?
5. Принцип работы лотков с пневмоподушкой.

Литература

1. Автоматическая загрузка технологических машин. Справочник / И.С. Бляхаров, А.А. Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1990 – 400 с.
2. Медвидь, М.В. Автоматические ориентирующие загрузочные устройства и механизмы. – М.: Машиностроение, 1963. – 299 с.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ НЕЧИСЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫМИ ЦИКЛАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

Цель работы: изучение принципа действия кулачковых СУ и систем управления с командоаппаратом. Построение циклограммы работы системы управления.

Оборудование и принадлежности к работе

- | | |
|------------------------------------|---------|
| 1. Лабораторный макет манипулятора | – 1 шт; |
| 2. Командоаппарат | – 1 шт; |
| 3. Компрессор | – 1 шт; |
| 4. Источник питания | – 1 шт; |
| 5. Секундомер | – 1 шт. |

Основные положения

Системы управления отдельными циклами работы оборудования делят на две группы: системы нечислового управления и системы числового программного управления. К первой группе относятся кулачковая система управления, система управления с командоаппаратом, система с упорами и копировальная система управления.

Кулачковые системы управления

Задающая информация в этих системах заложена в профиле кулачков. Основу кулачковых систем составляют кулачковые механизмы в сочетании с рычажными (или без них). Кулачковые системы одновременно выполняют две функции: силового механизма и системы управления. Управление движением перемещаемого органа осуществляется законом, заложенным в профиле кулачка, который воспринимается (считывается) толкателем механизма. Для этой цели кулачок вращается или линейно перемещается относительно толкателя с помощью распределительного вала с приводом или другого механизма, выполняющего функцию устройства ввода информации. Рычажный механизм выполняет функцию преобразователя направления движения и одновременно усилителя. Кулачковый механизм должен развивать силы соизмеримые с силой резания. Это вызывает значительные силы трения в зонах контакта кулачкового механизма и приводит к их интенсивному износу.

В зависимости от типа применяемых кулачков различают системы с цилиндрическими (рис. 4.1а), плоскими прямолинейно движущимися (рис. 4.1б), дисковыми (рис. 4.1в) и торцевыми кулачками (рис. 4.1г). Кулачки могут быть открытыми (рис. 4.1б), закрытыми (рис. 4.1д) и комбинированными.

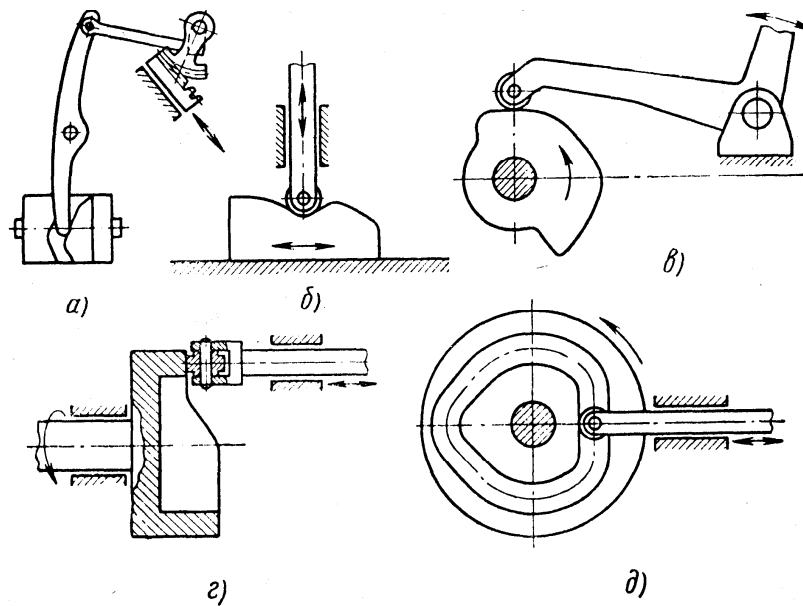
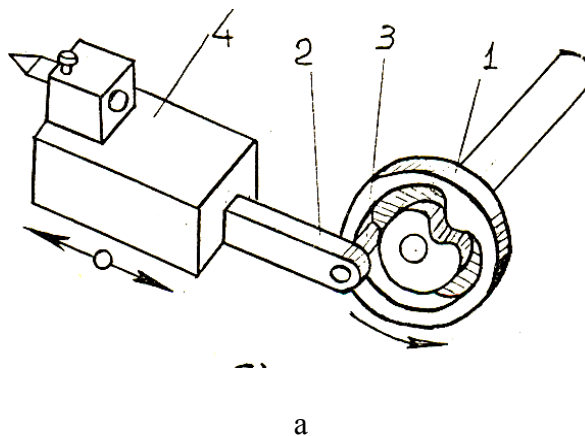


Рисунок 4.1 – Кулачковые механизмы:

а – с цилиндрическим; б – плоским; в – дисковым открытым; г – торцовым;
д – дисковым закрытым кулачком

Проектирование кулачковых механизмов выполняется в следующей последовательности: выбор типа механизма, выбор и обоснование закона движения, определение основных размеров звеньев, графическое построение или аналитический расчет профиля кулачка, расчет размеров звеньев на основе динамических и прочностных условий.

В автоматах применяются кулачковые механизмы различных конструкций с различными передачами, некоторые из них показаны на рисунке 4.2. Движение кулачка 1 к рабочему органу 4 передаётся либо непосредственно толкателем 2 с роликами 3 (рис. 4.2а, б, г), либо системой рычагов или рычажно-реечной передачей (рис. 4.2в). Постоянный контакт кулачка с питателем обеспечивается либо конструкцией кулачка (рис. 4.2а, г, д), либо с помощью возвратных пружин (рис. 4.2б, в) или грузиков.



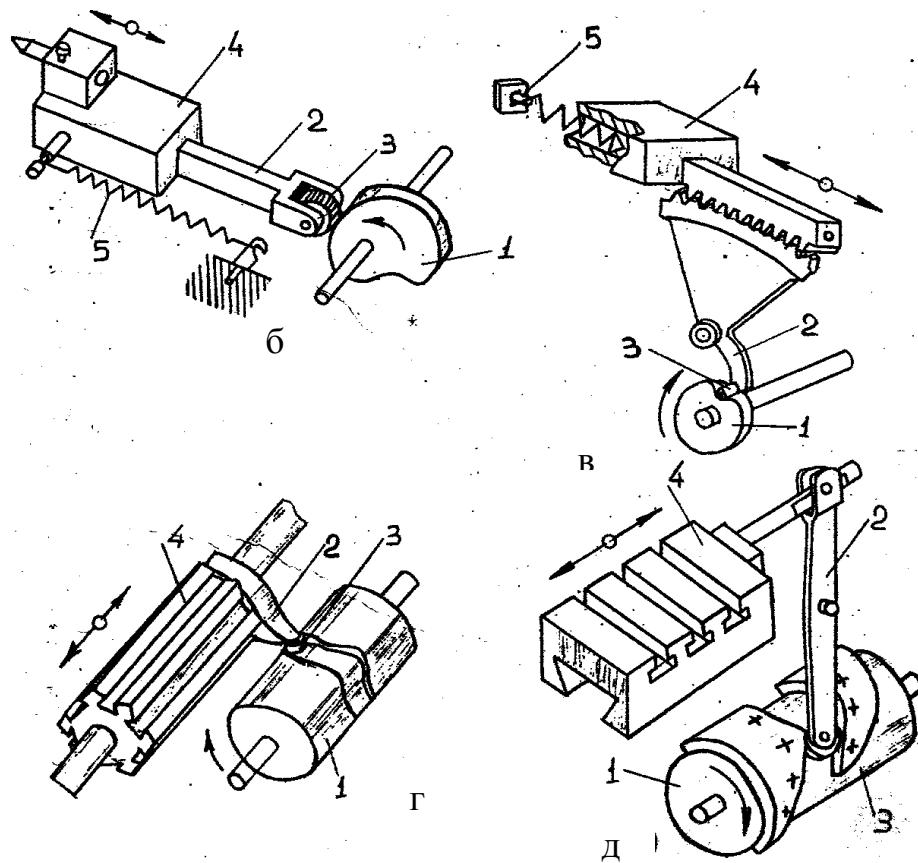


Рисунок 4.2 – Конструкции систем управления от кулачков

Кулачковая система управления состоит из набора кулачковых механизмов, каждый из которых обеспечивает функционирование одного рабочего органа. Все кулачки системы управления размещаются на одном или нескольких распределительных валах, и такие системы называются системами управления от распредвала.

Системы управления от распредвала.

Эти системы управления являются разновидностью кулачковых систем. Если в автомате использованы кулачковые системы, то для управления работой каждого механизма служит свой кулачок, свой кулачковый механизм. Для вращения кулачков могут быть использованы индивидуальные приводы. Однако такое решение является нецелесообразным, так как сильно усложняет конструкцию оборудования и сводит на нет преимущества кулачковой системы. Поэтому в большинстве агрегатов для вращения кулачков используют один привод, сообщающий одну или две скорости валу с кулачками. Вал с размещенными на нем управляющими кулачками называют распределительным.

Рассмотрим принцип работы системы управления с распределительным валом на примере металлорежущего автомата (рисунок 4.3).

На распределительном валу 10 установлены четыре кулачка: один дисковый 7 и три торцовых 6, 8, 9. Кулачки 6 и 7 управляют холостыми и рабочими движениями суппортов 4 и 5, кулачок 9 – механизмом подачи 2 прутка 1 и кулачок 8 – работой зажимного устройства 3. Распределительный вал 10 получает вращение от привода 12 через настрочную цепь 11.

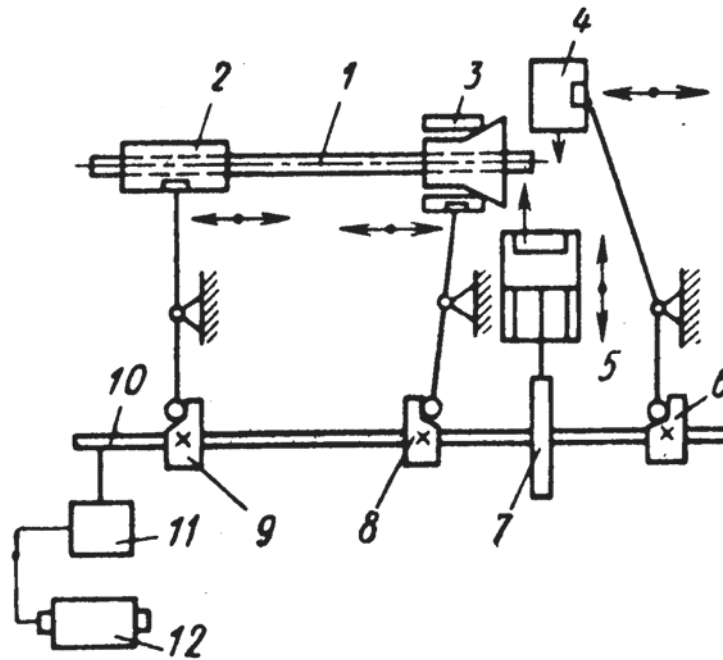


Рисунок 4.3 – Система управления от распределительного вала

Исходным документом для настройки кулачков служит циклограмма, построенная в полярных (круговая) или прямоугольных (развернутая) координатах. На рисунке 4.4 приведены циклограммы для токарного автомата, изготовляющего винт.

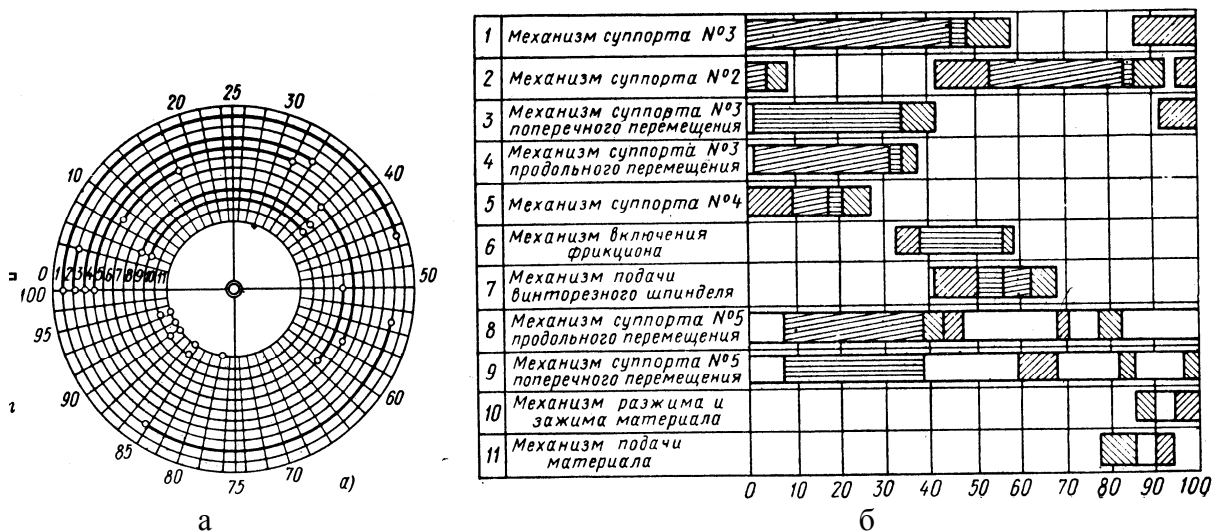


Рисунок 4.4 – Циклограммы: а – круговая, б – прямоугольная.

Прямоугольные циклограммы являются универсальными.

Круговые циклограммы используют в основном для автоматов с распредвалами. В прямоугольных циклограммах по горизонтальной оси откладывается время продолжительности цикла. Длина этого поля должна соответствовать длительности цикла выполнения операции. По вертикали циклограммы делится на ряд равных участков в соответствии с числом простых циклов. В левом поле каждого участка записывается наименование рабочего или полного органа.

Для изображения простого цикла можно использовать условные обозначения или графики.

Рассмотрим, как разрабатывается циклограмма работы автомата для обтачивания валика (рис. 4.5).

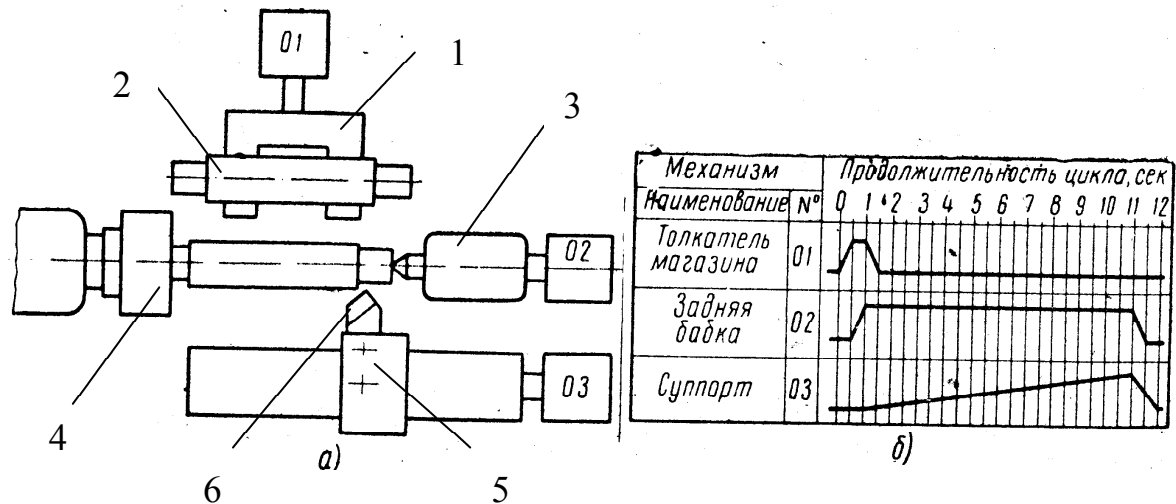


Рисунок 4.5 – Принципиальная схема и циклограмма работы автомата для обтачивания валика: а – принципиальная схема; б – циклограмма.

Заготовка 2 из вертикального лотка при помощи толкателя 1, который выполняет также функцию отделителя, переносится на линию центров токарного станка. Затем задняя бабка 3 заталкивает заготовку в поводковый патрон 4. Этим действием осуществляется закрепление заготовки на станке. После закрепления толкатель возвращается в исходное положение, а суппорт 5, несущий резец 6, начинает рабочую подачу. После обработки задняя бабка 3 отходит в исходное положение, обработанная заготовка 1 выталкивается из поводкового патрона 4 пружинным выталкивателем и падает на приемный лоток, суппорт в это время возвращается в исходное состояние. На этом цикл работы автомата заканчивается, и затем следует его повторение. На данной принципиальной схеме приводы 01, 02 и 03 изображены условно квадратами.

Для наглядного представления о последовательности и продолжительности действий отдельных механизмов автомата разрабатывают циклограмму, в которой, как правило, отражают начало и конец прямого и обратного ходов каждого из механизмов. Иногда на циклограммах отражают величину и скорость перемещения.

На рисунке 4.5, б показан пример выполнения циклограммы для автомата, схема которого была рассмотрена выше. На циклограмме в горизонтальных графах для каждого из механизмов показаны перемещения в виде ломаных линий. Направление вверх соответствует прямому ходу, вниз – обратному. Вертикальными линиями нанесена сетка, соответствующая времени работы автомата в течение одного цикла. Цикл работы автомата начинается с перемещения толкателя 01, который совершает свою работу за 0,5 секунд. Затем в течение 0,5 с перемещается задняя бабка 02 и закрепляет заготовку. После закрепления происходит рабочая подача суппорта 03, которая в соответствии с режимами обработки продолжается 10 с. Одновременно с рабочей подачей суппорта начинает совершать обратный ход толкатель 01 и заканчивает его за 0,5 с. После обработки суппорт совершает обратный ход за 1 с и одновременно с ним за 0,5 с отходит в исходное положение задняя бабка. Полный цикл работы автомата совершается за 12 с.

К недостаткам кулачковой системы управления следует отнести:

- необходимость проектирования и приготовления нового комплекта кулачков для каждой новой детали, обрабатываемой на автомате;
- трудности при изготовлении кулачков (их делают из цементируемых (марки 20 и 20Х) или закаливаемых (марки 45 и 40Х) сталей, доводя рабочую поверхность до твердости HRC 50...58);
- трудоёмкость в переналадке автомата (замена кулачков, настройка инструмен-

тов и др.).

– сложность в эксплуатации программ (кулачков) невозможность корректирования программы, возможность износа кулачков и потеря точности управления.

В настоящее время большое распространение получили системы управления с командоаппаратом.

Системы управления от командоаппарата

Командоаппарат состоит из распределительного вала с кулачками и считывающего устройства. В командоаппаратах используются дисковые кулачки или регулируемые кулачки в виде дисков с выступающими упорами, которые можно переставить по окружности диска в требуемое положение. Считывающее устройство содержит датчики того или иного рода (электропереключатели, пневмопреобразователи и т.п.).

При вращении распределительного вала, кулачки воздействуют на датчики, которые вырабатывают сигналы, управляющие работой приборов рабочих органов автомата. Кулачки аппарата приводятся в движение или от технологической машины или от отдельного двигателя.

Такая система управления может быть циклической или ациклической (рефлекторной). В первом случае управление ведётся по времени, распределительный вал вращается непрерывно с постоянной частотой, приводы включаются через заданные циклограммой промежутки времени. Поскольку в работе участвуют системы передачи команд от датчиков к проводам, то в циклограмме предусматриваются сдвиги команд по времени увеличение длительности кодов и паузы, необходимые для обеспечения надёжного функционирования системы управления. Это приводит к некоторому удлинению цикла и снижению производительности автомата по сравнению с автоматом с кулачковой системой управления.

Во втором случае распределительный вал командоаппарата поворачивается прерывисто, поворот из одного углового положения в другое и подача команды на начало следующего цикла производятся только после получения сигнала о выполнении предыдущего цикла.

Может применяться и смешанный принцип управления: распределительный вал командоаппарата непрерывно вращается и осуществляет управление циклом по времени, но одновременно осуществляется контроль отработки каждого элемента цикла. Если какой либо рабочий орган не придёт в заданное положение, то следующая команда от командоаппарата передана не будет и автомат прекратит работу.

Достоинство систем управления с командоаппаратом в их универсальности, в возможности использовать целесообразные приводы рабочих органов и располагать командоаппарат в удобном месте на некотором расстоянии от объекта управления, в применении более простых и дешёвых кулачков, чем в кулачковых системах управления, в достаточной лёгкости изменения программы,

К недостаткам можно отнести снижение производительности и возможность отказов в системе, связывающей командоаппарат с приводом рабочих органов станка.

На рисунке 4.6 представлена система управления от командоаппарата. Командоаппарат состоит из распредвала 5 с дисками 2 на которых крепятся кулачки 3, но в отличие от кулачковых систем управления, где кулачки осуществляют силовое воздействие на рабочий орган, кулачки командоаппарата предназначены для включения – выключения различных датчиков 1. Сигналы от датчиков 1 передаются через согласующие устройства 4 на приводы 01, 02, 03.

Системы управления при помощи копиров

В этих системах управления задающую информацию несет копир. Такие системы получили широкое распространение не только в машиностроении, но и в ювелирной промышленности при создании сложных форм огранки. Перенос профиля копира на обрабатываемую деталь может быть прямым или косвенным.

При прямом переносе режущий инструмент (или обрабатываемая деталь) получает перемещение в направлении профилирующей подачи непосредственно от копира. Системы с прямым копированием просты по конструкции, однако совмещение функции управления и силового механизма в этих системах приводит к быстрой потере точности. Эти системы не позволяют осуществлять дистанционное управление. На рисунке 4.7 приведена схема станка с системой прямого копирования.

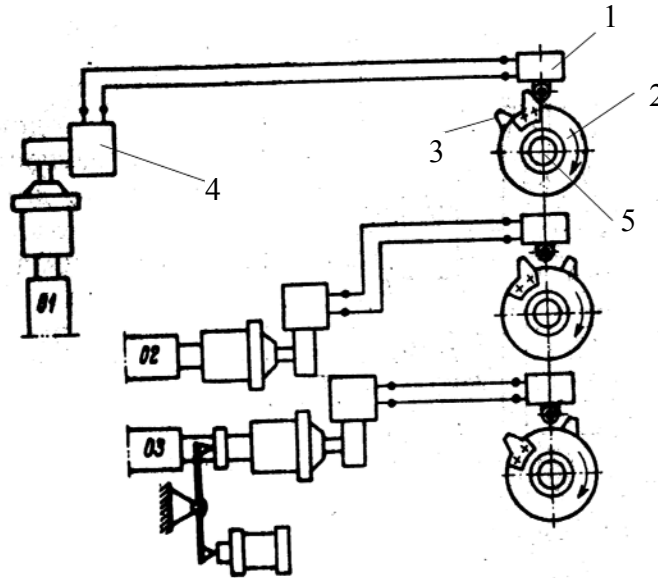


Рисунок 4.6 – Система управления с командоаппаратом

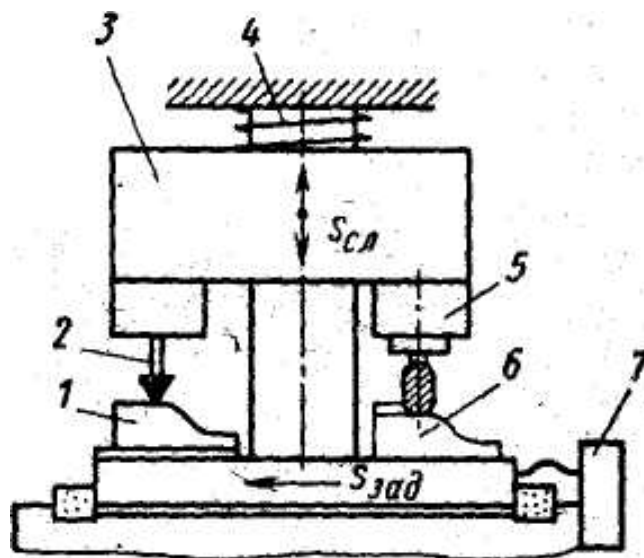


Рисунок 4.7 – Система прямого копирования:

1 – копир; 2 – щуп; 3 – траверса; 4 – пружина; 5 – шпиндельная головка с фрезой; 6 – заготовка; 7 – привод задающего движения $S_{зад}$.

В значительной степени от указанных недостатков свободны системы непрямого копирования, которые получили наибольшее распространение для автоматизации управления технологическим оборудованием.

В этих системах копир действует не на рабочий орган, а на чувствительный датчик (копировальный прибор), сигнал с которого, пропорциональный изменению профиля копира, является управляющим для регулируемого привода рабочего органа.

По такому способу работают все существующие копируемые системы (гидравлические, электрические и др.), кроме механической. В зависимости от числа профилирующих (копируемых) движений они могут быть одно- и двухкоординатными копируемыми системами.

Подавляющее большинство копируемых систем составляют системы с автоматическим обходом контура копира.

Рассмотрим принцип работы такой системы (рис. 4.8). При перемещении копира 1 от задающего привода 6 относительно копируемого прибора 2 профиль копира воздействует на его подвижный элемент – щуп 5, смещая последний относительно неподвижной части. Чувствительный датчик копируемого прибора улавливает это относительное перемещение и преобразует его в один из удобных для привода видов сигнала управления (электрический, гидравлический и режеле пневматический). Сигнал управления усиливается и поступает в регулируемый привод рабочего органа 4.

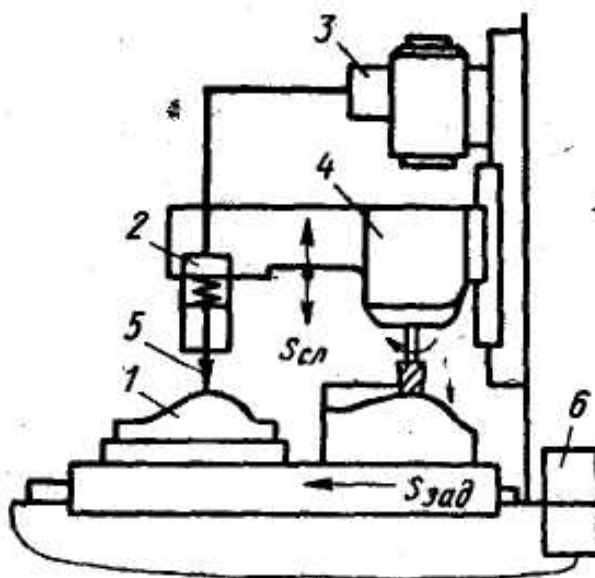


Рисунок 4.8 – Копируемая система непрямого действия:

- 1- копируемый; 2- копируемый прибор; 3- привод следящего перемещения траверсы $S_{сл}$; 4 - шпиндельная головка с обрабатывающим инструментом; 5- щуп; 6- привод задающего движения $S_{зад}$.

С поступлением сигнала управления привод 3 начинает перемещать траверсу вместе с рабочим органом 4 и неподвижной частью копируемого прибора в направлении, соответствующем уменьшению рассогласования неподвижной части копируемого прибора относительно щупа 5, т.е. в направлении, соответствующем уменьшению сигнала управления. Таким образом, в копируемых системах непрямого действия используется сервопривод или следящий привод. Источником информации и ее носителем в этих системах управления является профиль копира 1 (плоского или объемного).

Информация с копира считывается копируемой головкой контактным или бесконтактным способом. Передача и преобразование считанной информации осуществляются различными преобразователями непрерывного и релейного принципа действия. Информация здесь перерабатывается регулирующими приводами (чаще электрическими и гидравлическими).

Описание лабораторной установки.

Общий вид автомата для загрузки деталей пневмоманипулятором представлен на рисунке 4.9.

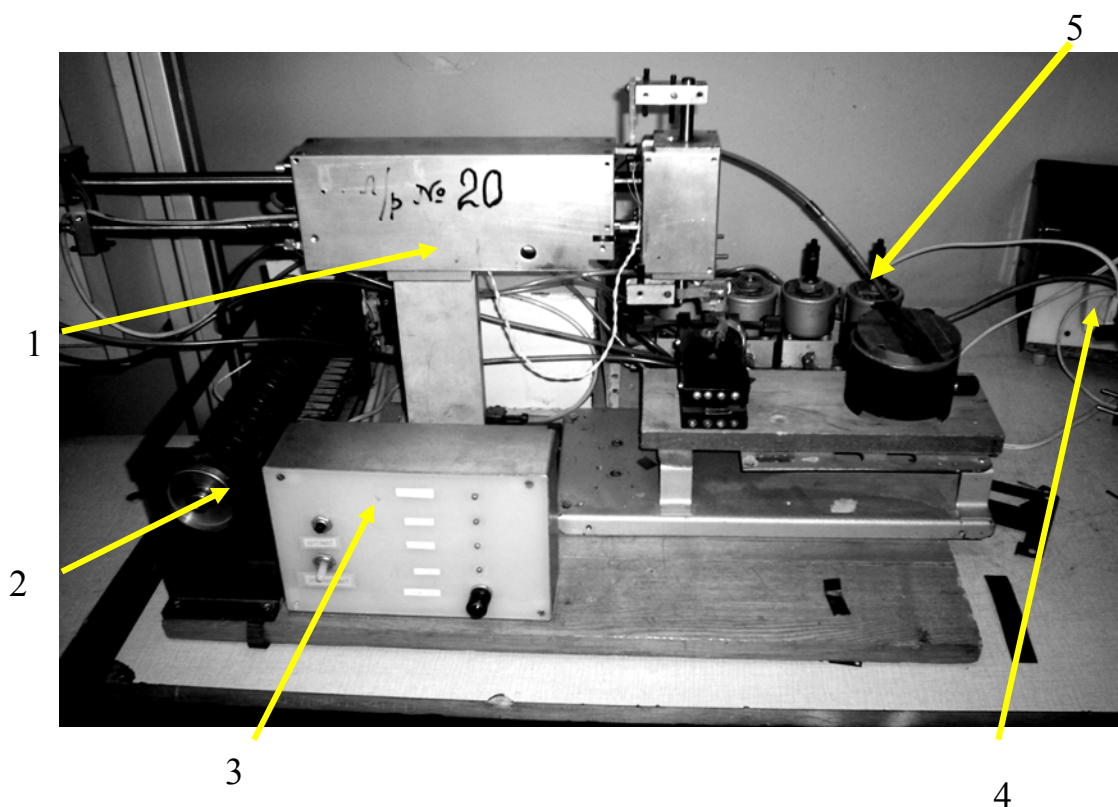


Рисунок 4.9 – Общий вид установки для автоматической загрузки деталей

Установка состоит из манипулятора 1, командоаппарата 2, блока управления 3, блока питания 4, пневмораспределителей 5.

Порядок выполнения работы

1. Привести манипулятор в исходное состояние:
 - поднять схват вверх;
 - перевести руку манипулятора влево до упора.
2. Включить установку в сеть 220 В. Переключатель «Автомат – Полуавтомат» перевести в положение «Полуавтомат».
3. Включить секундомер и одновременно нажать кнопку «Пуск» на пульте управления. Определить цену деления лимба командоаппарата.
4. Включить компрессор пневмосети и нажать кнопку «Пуск» на блоке управления. Определить последовательность работы узлов автомата.
5. Переключатель «Автомат – Полуавтомат» перевести в положение «Автомат».
6. При помощи секундомера определить время начала и конца действия каждого узла автомата в процессе загрузки деталей за один цикл.
7. Пункт 6 повторить 3 раза и определить среднее время работы отдельных узлов.
8. По полученным данным построить циклограмму работы автомата.

Содержание отчета

1. Схема манипулятора.
2. Циклограмма работы автомата.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Каковы достоинства и недостатки кулачковых систем управления?
2. В чем состоят основные преимущества систем с командоаппаратом по сравнению с кулачковыми?
3. Чем отличаются копировальные системы прямого действия от систем непрямого действия?
4. Что такое циклограммы и для чего они предназначены?
5. Какие системы управления называются циклическими и какие ациклическими?
6. Какая система управления используется в лабораторном макете?

Литература

Автоматическая загрузка технологических машин. Справочник / И.С. Бляхаров, А.А. Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1990 – 400 с.

Лабораторная работа № 5

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ (САУ) НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Цель работы: изучить конструкцию пневмореле РУП-1 и способы реализации логических функций; изучить принципы построения схем САУ на логических элементах; осуществить синтез одноконтурной САУ с помощью пневмоэлементов.

Оборудование и принадлежности к работе

- | | |
|--------------------------|----------|
| 1. Лабораторный стенд №1 | – 1 шт.; |
| 2. Лабораторный стенд №2 | – 1 шт.; |
| 3. Компрессор | – 1 шт.; |
| 4. Соединительные трубки | |

Основные положения

При автоматическом управлении различными технологическими процессами, рабочими машинами и механизмами широко применяются логические элементы (ЛЭ). Логические элементы вырабатывают сигнал на выходе в зависимости от определенных сочетаний сигналов на входе и реализуют логические функции, которые, как и их аргументы, имеют значения 0 или 1. Символами «0» обозначают минимальный уровень (сигнала нет), а «1» – максимальный уровень сигнала (сигнал есть).

Логической системой управления называют систему, построенную из логических элементов с целью реализации заданной функции. Процесс синтеза СУ можно выполнять различными методами, и в общем случае его подразделяют на следующие этапы: составление формализованного описания работы системы по известной циклограмме или словесному описанию; составление логических уравнений; упрощение логических уравнений; построение принципиальной схемы.

В зависимости от условий работы различают одноконтурные (комбинационные) и многоконтурные (последовательные) СУ.

Одноконтурными называются такие системы, у которых комбинация выходных сигналов в любой промежуток времени (в любом такте) однозначно определяется комбинацией сигналов, поступающих на вход в течение этого же промежутка времени (такта)

и не зависит от комбинации сигналов, поступивших на вход в предыдущие промежутки времени.

Выходные сигналы одноктактных систем полностью определяются состояниями входов, существующими в данный момент времени, поэтому подобные системы называются иногда автоматами без памяти.

Многотактными (последовательностными) называются такие системы, у которых комбинация сигналов определяется не только состоянием входов в данный момент времени, но и зависит также от значений выходных сигналов в предыдущих тактах. Любая последовательностная схема автомата может быть реализована с помощью набора логических операций и элементов памяти. В структурном отношении последовательностная схема состоит из двух составляющих: комбинационной логической схемы и памяти, через которую реализуется обратная связь (рис. 5.1).

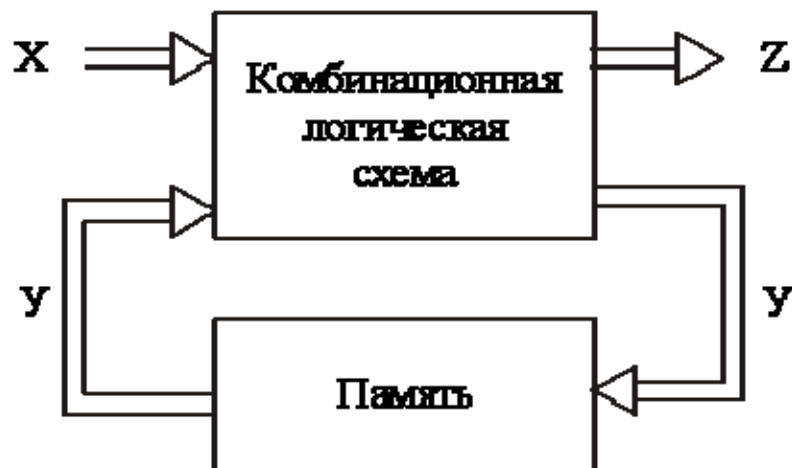


Рисунок 5.1 – Последовательностная схема

На входы комбинационной схемы подаются внешние сигналы X и внутренние вторичные сигналы Y , которые снимаются с выходов памяти. В результате этого возникают выходные сигналы Z и внутренние сигналы Y , подаваемые на вход запоминающего устройства. Запоминающее устройство может задерживать сигнал Y на величину автоматного времени или запоминать и хранить его до тех пор, пока не поступят новые сигналы. Для реализации запоминающих устройств широко используются триггерные схемы различного класса.

Оптимальные условия (или близкие к ним) систем управления можно построить, используя методы математической логики. Математическим аппаратом анализа и синтеза СУ является двузначная алгебра логики.

Основные логические функции их преобразование и реализация.

Логические функции (ЛФ) представляют собой зависимость выходных переменных от входных, простейшими логическими функциями являются ЛФ одной и двух переменных. На их основании можно определить ЛФ различной сложности от любого числа переменных. Реализацию ЛФ осуществляют контактными или бесконтактными логическими элементами. Основные логические функции приведены в таблице 5.1.

Для преобразования логических функций используют основные законы алгебры логики:

переместительный: $X_1 \cdot X_2 = X_2 \cdot X_1$

сочетательный: $(X_1 \cdot X_2) \cdot X_3 = X_1 \cdot (X_2 \cdot X_3)$;

$(X_1 \vee X_2) \vee X_3 = X_1 \vee (X_2 \vee X_3)$

распределительный: $X_1 \cdot (X_2 \vee X_3) = X_1 \cdot X_2 \vee X_1 \cdot X_3$

повторения: $X \cdot X \cdot X \dots \cdot X = X$; $X \vee X \vee X \dots \vee X = X$

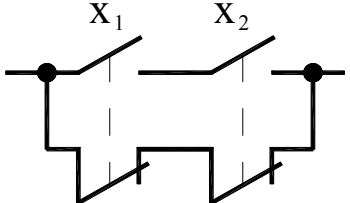
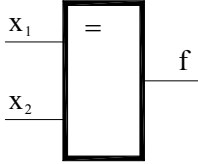
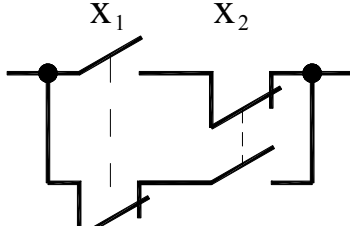
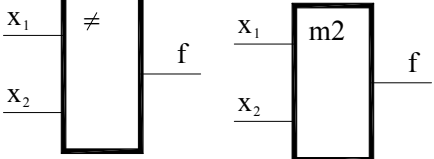
инверсии $\overline{X_1 \cdot X_2} = \overline{X_1} \vee \overline{X_2}$; $\overline{X_1 \vee X_2} = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}$

поглощения $X_1 \vee X_1 \cdot X_2 = X_1$; $X_1 \cdot (X_1 \vee X_2) = X_1$

склеивания $X_1 \cdot X_2 \vee X_1 \overline{X_2} = X_1$; $(X_1 \vee X_2) \cdot (X_1 \vee \overline{X_2}) = X_1$

Таблица 5.1 – Реализация и обозначение основных логических операций

Операция	Обозначение при реализации	
	На контактах реле	На бесконтактных элементах
Повторение «ДА» $f = x$		
Инверсия «НЕ» $f = \overline{x}$		
Конъюнкция «И» $f = x_1 \cdot x_2$		
Дизъюнкция «ИЛИ» $f = x_1 \vee x_2$		
Штрих Шеффера «И-НЕ» $f = \overline{x_1 \cdot x_2}$; $f = \overline{x_1} \vee \overline{x_2}$		
Стрелка Пирса «ИЛИ-НЕ» $f = \overline{x_1 \vee x_2}$; $f = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$		
Импликация $f = \overline{x_1} \vee x_2$		
Запрет $f = \overline{x_1 \cdot x_2}$		

<p>Эквивалентность</p> $f = x_1 \cdot x_2 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$		
<p>Неэквивалентность</p> $f = \bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot \bar{x}_2$		

Логические операции умножения, сложения, инверсии и другие являются взаимно зависимыми и выражаются друг через друга.

Системы логических операций, с помощью которых можно выразить все другие операции, называют функционально полными. Так простейшими функционально полными будут системы: конъюнкции и инверсии; дизъюнкции и инверсии, операции стрелка Пирса («ИЛИ-НЕ») и др.

Наибольшее распространение получили три логических функции («И», «ИЛИ», «НЕ»). Любая логическая функция (функция любой сложности и любого количества переменных) может иметь множество равносильных формул, отличающихся используемым видом элементарных функций. Все это множество при помощи формул алгебры логики может быть приведено к форме, представляющей собой дизъюнкцию элементарных конъюнкций и называемой дизъюнктивной нормальной формой (ДНФ) или конъюнкцию элементарных дизъюнкций – конъюнктивно нормальную форму (КНФ).

Кроме описанного метода задания логических функций алгебраическим способом они могут задаваться и другими способами. Они могут быть изображены с помощью таблиц истинности.

Таблицы истинности состоят из $n+1$ столбцов, где n столбцов отводятся для значений переменных изображаемой функции, а последний столбец – для значений самой функции.

Число строк таблицы 2^n . В каждую строку записывают одну из возможных комбинаций значений переменных и соответствующее ей значение функций (табл. 5.2).

Методика перехода от табличного изображения к алгебраическому в форме ДНФ, следующая: выделить строки с единичными значениями логической функции, выписать для каждой отмеченной строки элементарные конъюнкции переменных, соединить их знаком дизъюнкции. Алгебраическое изображение логической функции, представленной в таблице в форме дизъюнкции элементарных конъюнкций имеет вид:

$$f = \bar{X}_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot \bar{X}_3 \vee X_1 \cdot \bar{X}_2 \cdot X_3 \quad (5.1)$$

Такая запись называется канонической, так как каждый член выражения включает все три переменных (X_1, X_2, X_3).

Для записи в форме КНФ необходимо выделить строки с нулевым значением булевой функции, выписать из каждой отмеченной строки элементарные дизъюнкции инверсий переменных и соединить их знаком конъюнкции. Из таблицы получим:

$$f = (X_1 \vee X_2 \vee X_3)(X_1 \vee X_2 \vee \bar{X}_3)(X_1 \vee \bar{X}_2 \vee X_3)(\bar{X}_1 \vee X_2 \vee X_3)(\bar{X}_1 \vee \bar{X}_2 \vee \bar{X}_3)$$

Если в таблице истинности число строк с единичным и нулевым значениями функции одинаково, то безразлично, по какой форме записывать. Однако, если в столбце, соответствующем значениям функции, преобладают единицы, то проще получить функцию по строкам, соответствующим нулевым значениям функции.

Синтез одноконтных САУ

Задачу синтеза можно сформулировать следующим образом: при заданных входных переменных и известной выходной функции спроектировать устройство, которое реализует эту функцию.

Задачу анализа рассмотрим на примере схемы на контактных элементах, которая управляет включением лампочки y (рисунок 5.2).

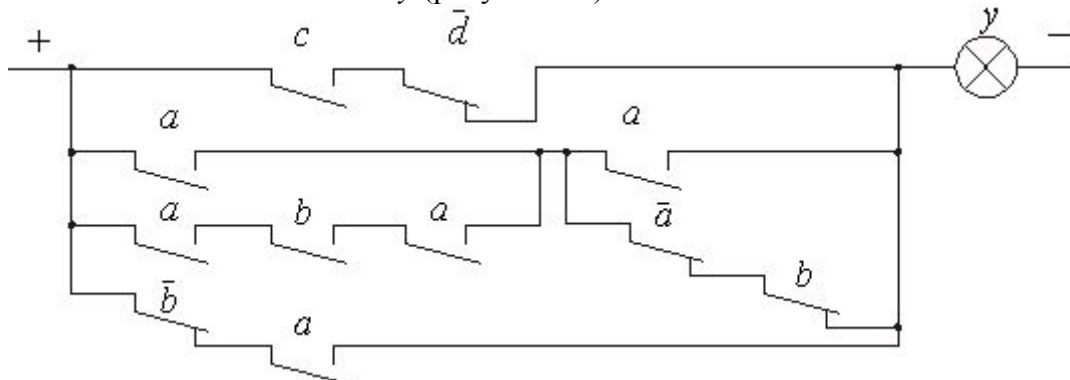


Рисунок 5.2 – Контактная схема

Представим заданную схему в виде функции алгебры логики (ФАЛ):

$$y = c \cdot \bar{d} \vee (a \vee a \cdot b \cdot a) \cdot (a \vee \bar{a}b) \vee \bar{b} \cdot a$$

Применяя законы и правила алгебры логики произведем минимизацию функции:

$$\begin{aligned} y &= c \cdot \bar{d} \vee (a \vee a \cdot b \cdot a) \cdot (a \vee \bar{a}b) \vee \bar{b} \cdot a = c \cdot \bar{d} \vee a(1 \vee b) \cdot (a \vee b) \vee \bar{b} \cdot a = \\ &= c \cdot \bar{d} \vee a(a \vee b) \vee \bar{b}a = c\bar{d} \vee d \vee ab \vee \bar{b}a = c\bar{d} \vee a(1 \vee b) \vee \bar{b}a = c\bar{d} \vee a \vee a\bar{b} = c\bar{d} \vee a. \end{aligned}$$

Построим минимизированную функцию на контактных и бесконтактных элементах (рисунок 5.3)

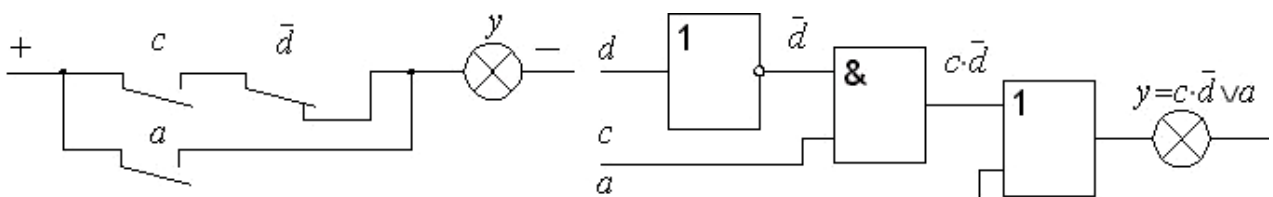


Рисунок 5.3 – Минимизированная схема управления

Рассмотрим метод синтеза одноконтных систем управления (СУ) на примере построения СУ пневмоцилиндром, шток которого выдвигается при подаче двух из трех входных сигналов X_1 , X_2 и X_3 (рисунок 5.4).

По условиям функционирования СУ три входных устройства не могут быть включены одновременно. Входными сигналами будут являться, например, сигналы от датчиков 1, 2, 3 положения детали на зажимном приспособлении станка. Если одна из возможных деталей 5 будет правильно установлена в приспособлении, т.е. будет подано 2 из 3 сигналов, то произойдет ее зажим при помощи пневмоцилиндра 4.

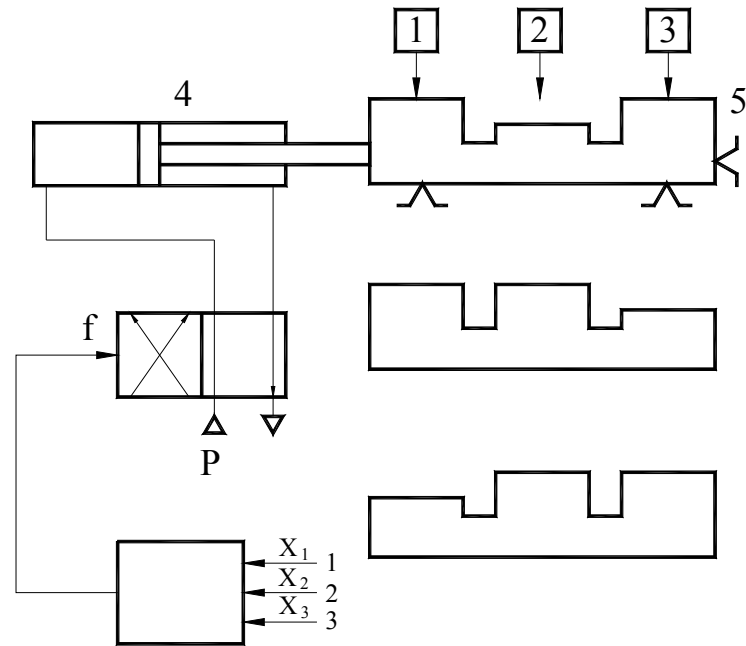


Рисунок 5.4 – Схема работы САУ зажимным приспособлением

По заданным условиям работы составляется таблица состояний, т.е. таблица истинности. В таблицу состояний записываются все возможные комбинации входных переменных (X_1 , X_2 и X_3), причем для каждой комбинации поставляется соответствующее значение выходной функции f («0» или «1»). Условные состояния отмечаются в таблице, например, прочерками, с их помощью можно упростить структуру СУ путем задания значения выхода (0 или 1) на дальнейших этапах, исходя из получения более простого выражения для выходной функции (табл. 5.2).

Таблица 5.2

X_1	X_2	X_3	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
0	1	1	1
1	1	0	1
1	0	1	1
1	1	1	0

В соответствии с правилами перехода от таблицы истинности к алгебраической форме записи, для данного примера запишем:

$$f = \bar{X}_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot \bar{X}_3 \vee X_1 \cdot \bar{X}_2 \cdot X_3 \quad (5.2)$$

Записанная по таблице состояний функция обычно содержит избыточность. Построим структурную схему, реализующую данную функцию (рисунок 5.5).

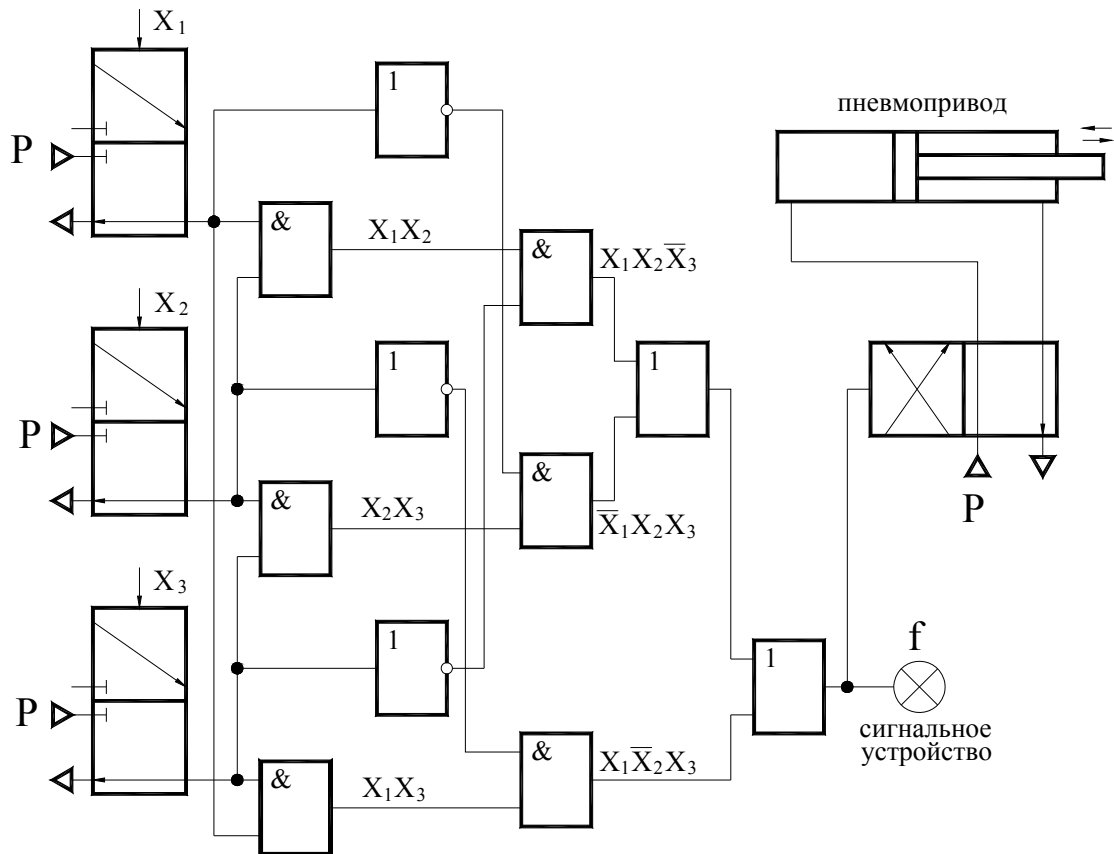


Рисунок 5.5 – Структурная схема САУ зажимным приспособлением

Получается очень большой набор элементов, поэтому функцию необходимо упростить (минимизировать).

Под минимизацией понимают сведение к минимуму числа членов логической функции, числа переменных в каждом члене и числа логических знаков, т.е. в конечном итоге числа логических элементов, необходимых для построения заданной СУ. Синтез можно осуществлять несколькими способами.

1-ый способ – алгебраический. Из рассмотрения логического уравнения и условного состояния, которое по условиям функционирования СУ невозможно ($X_1 = 1, X_2 = 1, X_3 = 1$) можно сделать вывод, что если задать для него значение функции, равное 1, и ввести соответствующий член в логическую функцию, то он будет отличаться от каждого из имеющихся значением одной переменной. Это позволит, используя соотношения алгебры логики, упростить выражения.

Обозначим соответствующее состояние выходной функции 1^* (табл. 5.3, последняя строка) и соответствующим образом перепишем формулу (5.2)

Таблица 5.3

X_1	X_2	X_3	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
0	1	1	1
1	1	1	1^*

$$f = \bar{X}_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot \bar{X}_3 \vee X_1 \cdot \bar{X}_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (5.3)$$

Учитывая закон повторения, запишем

$$f = \bar{X}_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot \bar{X}_3 \vee X_1 \cdot \bar{X}_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \vee X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$$

После преобразования с использованием закона склеивания или поглощения запишем в виде:

$$f = X_2 X_3 \vee X_1 X_3 \vee X_1 X_2 \quad (5.4)$$

2-ой способ. Рассмотрим синтез одноконтурных СУ с помощью матриц Карно. Матрицы Карно изображаются в виде прямоугольников, содержащих 2^n клеток, где n – число переменных. Число столбцов определяется как 2^m , а число строк – как 2^{n-m} , где $1 \leq m \leq n$. Каждой клетке матрицы соответствует один член ДНФ (или каждое состояние в таблице истинности). Столбцы и строки в матрицах обозначают таким образом, чтобы соседние клетки представляли собой соседние состояния переменных, т.е. состояния, отличающиеся значением одной переменной. На рисунке 5.6а, б показаны матрицы Карно для двух входных переменных, на рисунках 5.6в, г – для трех (на рисунках а и в в клетки вписаны комбинации состояний входных переменных, на рисунках б и г – соответствующие им комбинации состояний входных сигналов).

Для рассматриваемого примера (5.3), то есть с уже добавленным состоянием ($X_1 = 1, X_2 = 1, X_3 = 1$), матрица имеет следующий вид (рис. 5.6д). Здесь в каждую клетку вписаны значения функции для соответствующих комбинаций состояний входных переменных).

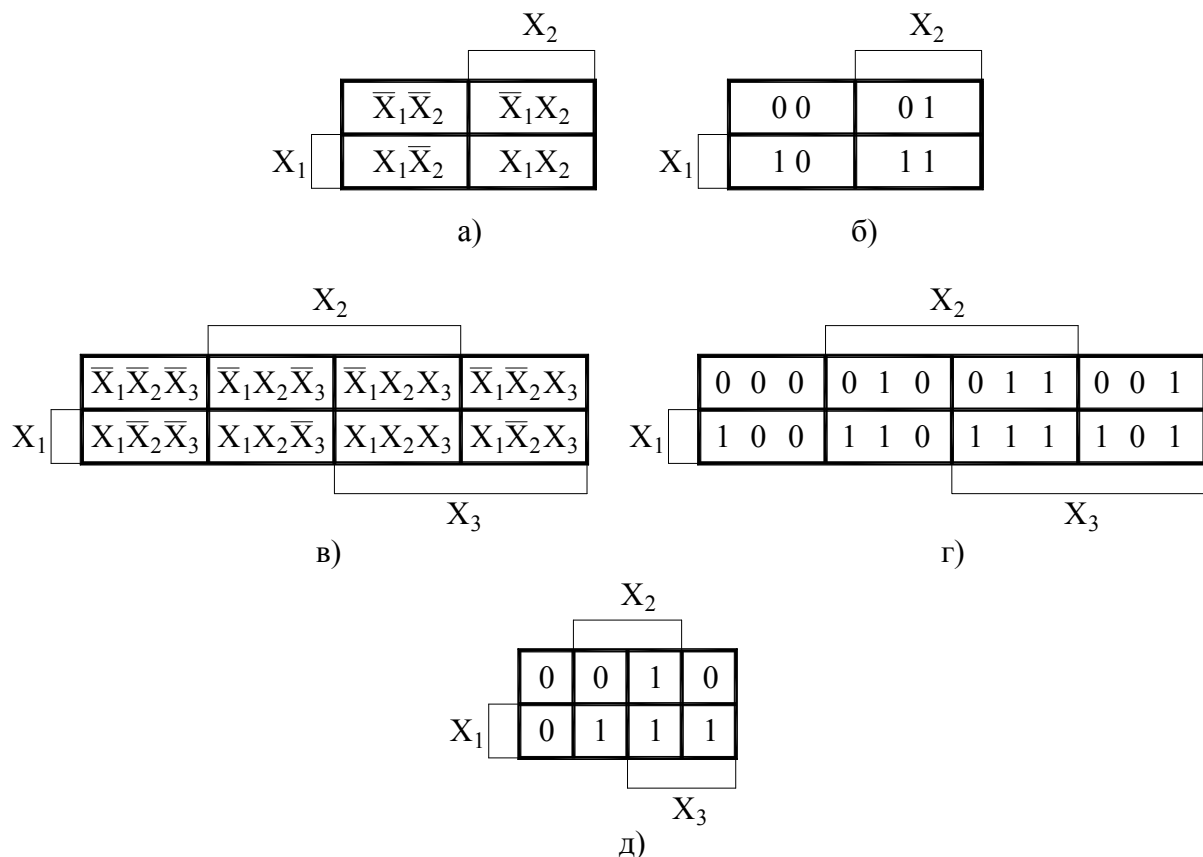


Рисунок 5.6 – Матрицы Карно для двух переменных (а, б), для трех переменных (в, г)

и для рассматриваемого примера (д)

Учитывая, что расположенные рядом клетки отличаются одной переменной, на основе матрицы (карты) Карно можно записать упрощенное выражение выходной функции. Для этого соседние клетки объединяют в контур. В контур объединяют клетки, содержащие 1 или 0 (в зависимости от того, какую функцию минимизируем, ДНФ или КНФ). Площадь любого контура должна быть симметричной относительно границ переменных, пересекаемых данным подконтуром. Контуров могут накладываться друг на друга, т.е. одни и те же квадратики могут входить в несколько контуров. При построении контуров необходимо следить за тем, чтобы не получились такие контуры, все квадратики которых уже вошли в другой контур.

Таким образом, можно организовать три контура (рис. 5.7). Матрица Карно показывает, можно ли, используя условное состояние, упростить функцию (контуры выделены тонкими линиями).

		X ₂			
		0	0	1	0
X ₁		0	1	1	1
		X ₃			

Рисунок 5.7 – Матрица Карно с выделенными контурами для записи минимизированной ЛФ

Запишем логическую функцию из матрицы. При записи функции, записываются в неинвертированном состоянии переменные, полностью охватывающие контур, а все переменные, не охватывающие контур – в инвертированном состоянии. Переменные, частично охватывающие контур, вообще не записываются. Таким образом, из матрицы (рис. 5.7) запишем ЛФ:

$$f = X_2 X_3 \vee X_1 X_3 \vee X_1 X_2 \quad (5.5)$$

Минимизированную ЛФ следует преобразовать в целях уменьшения числа логических операций (следовательно, и логических элементов).

$$f = X_2 X_3 \vee X_1 X_3 \vee X_1 X_2 = X_1 X_2 \vee X_3 (X_1 \vee X_2) \quad (5.6)$$

Построим схему, реализующую данную функцию. Реализуя выражение (5.6) получим систему управления (рис. 5.8), соответствующую заданным условиям работы, но с меньшим количеством элементов.

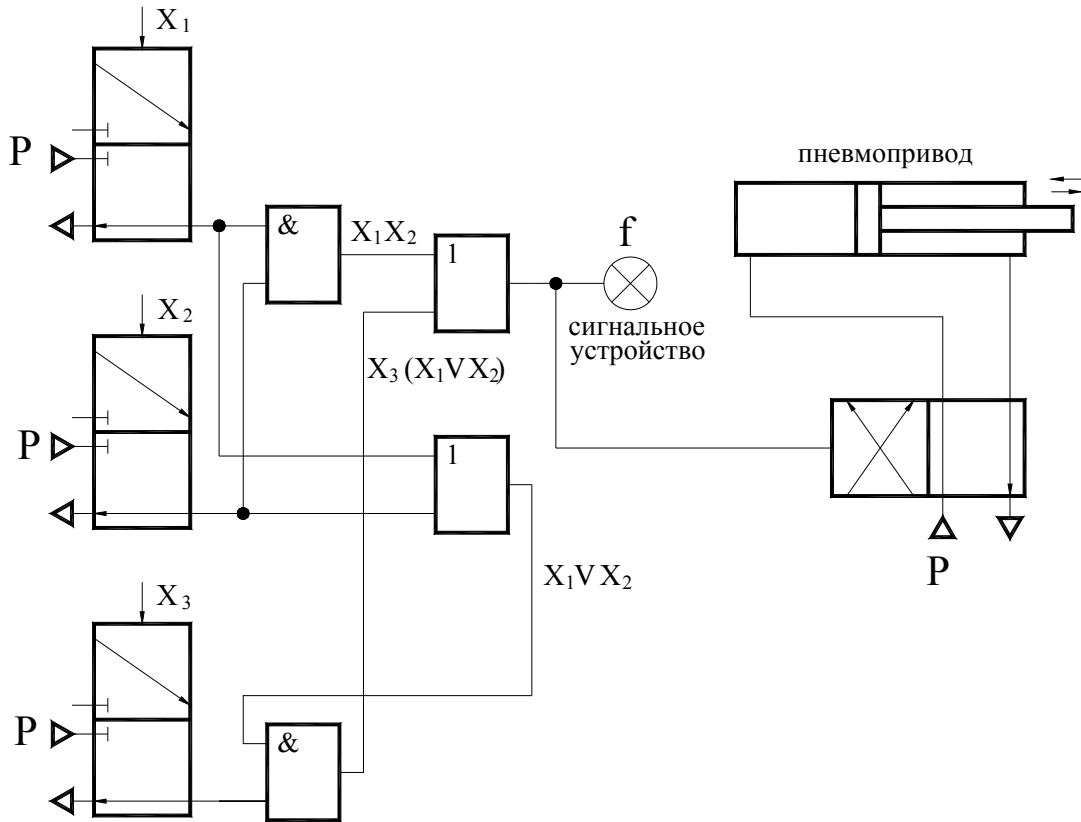


Рисунок 5.8 – Структурная схема СУ после минимизации

Общее число элементов может быть доведено до трех, если после реализации X_1VX_2 подать этот сигнал на вход переключателя X_3 , на выходе которого получим функцию $X_3(X_1VX_2)$. Схема, реализующая данную функцию, приведена на рис. 5.9.

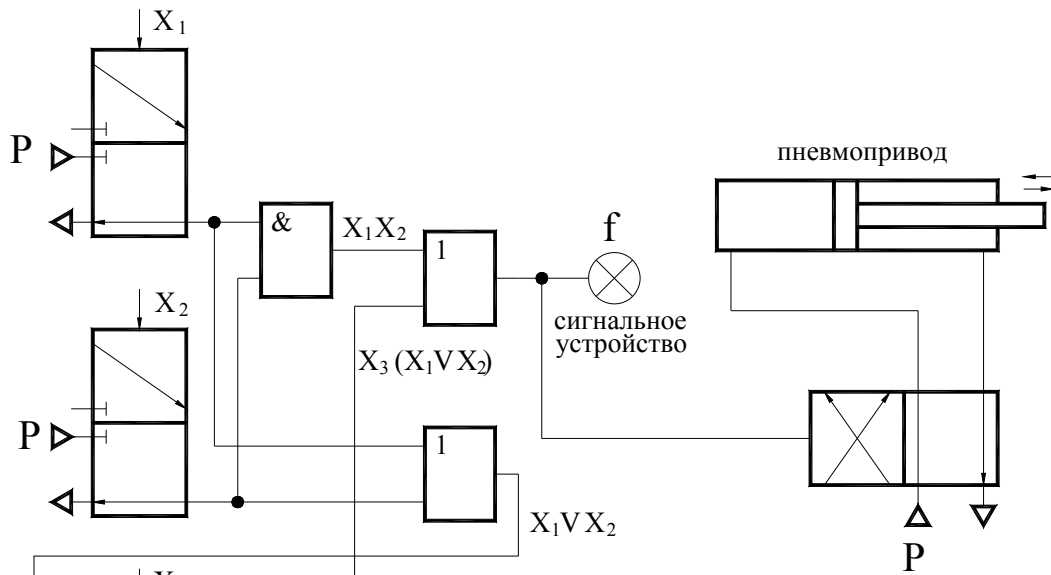


Рисунок 5.9 – Структурная схема СУ после дополнительного преобразования ЛФ

Если требуется построить схему на элементах, реализующих другие виды элементарных функций, то полученные выражения следует преобразовать, используя соотношения и законы алгебры логики, для реализации схемы на элементах «ИЛИ-НЕ-ИЛИ» запишем $\overline{X_1 X_2} = \overline{X_1} \vee \overline{X_2}$; $\overline{\overline{X_1 X_2}} = \overline{\overline{X_1} \vee \overline{X_2}}$, таким образом, выражение (5.5) запишем в виде:

$$f = \overline{\overline{X_1} \vee \overline{X_2}} \vee \overline{\overline{X_1} \vee \overline{X_3}} \vee \overline{\overline{X_2} \vee \overline{X_3}} \quad (5.7)$$

Синтез многотактных САУ.

Синтез многотактных САУ начинается с построения циклограммы. Если циклограмма при этом оказывается нереализуемой, то есть отдельные такты совпадают (имеют одинаковые веса, смысл этого понятия определен ниже), то для различения этих тактов в систему управления вводятся элементы памяти и составляется новая циклограмма. После этого записываются и при необходимости минимизируются логические функции для каждого исполнительного устройства. На основе минимизированных функций строится схема.

Рассмотрим процесс синтеза на примере переключательного автомата [4]. Структурно-кинематическая схема автомата показана на рисунке 5.10.

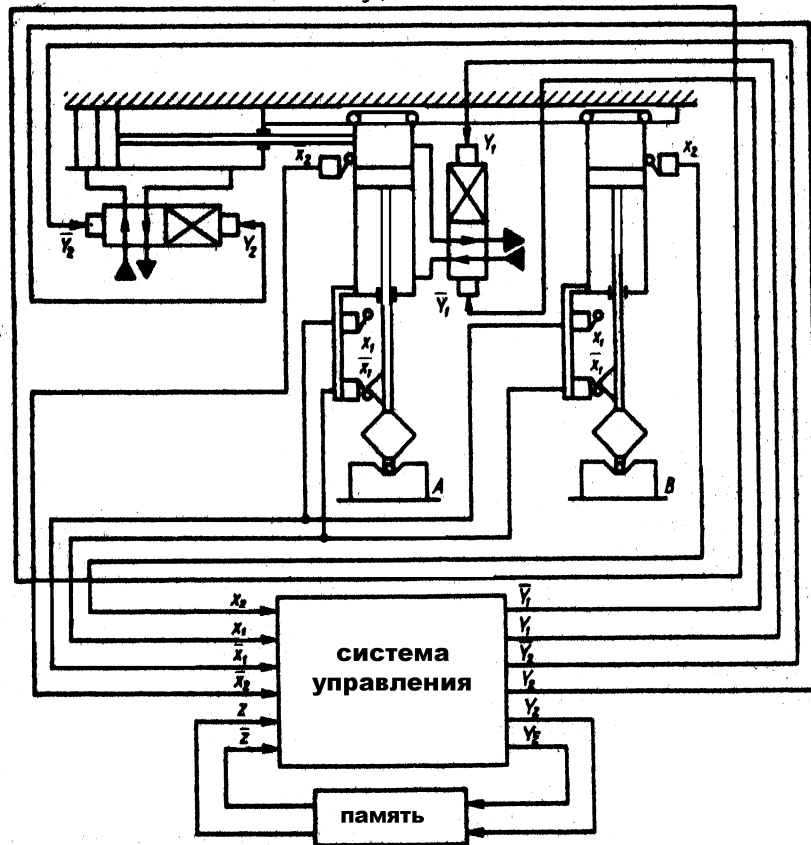


Рисунок 5.10 – Структурно-кинематическая схема переключного автомата

Циклограмма его работы в условных обозначениях имеет вид: $Y_1 \bar{Y}_1 Y_2 Y_1 \bar{Y}_1 \bar{Y}_2$, где Y_1 – выдвижение руки захвата; \bar{Y}_1 – движение руки захвата; Y_2 – перенос руки захвата в позицию B; \bar{Y}_2 – перенос руки захвата в позицию A. Информация об окончании каждого движения вырабатывается конечными выключателями $X_1, X_2, \bar{X}_1, \bar{X}_2$. Циклограмма работы автомата показана на рисунке 5.11.

Вес элемента	Исполнительный механизм	Номер такта					
		1	2	3	4	5	6
2^0	Y_1	0	1	0	0	1	0
2^1	Y_2	0	0	0	1	1	1
Вес такта		0	1	0	2	3	2

Рисунок 5.11 – Циклограмма работы переключного автомата

Для каждого элемента Y_1 и Y_2 задан вес в виде соответствующего разряда двоичной комбинации, каждому состоянию каждого элемента присвоено значение «0», если он выключен и включается, или «1», если он включен или выключается. Таким образом, для каждого такта, складывая значения состояний элементов с учетом их весов можно определить веса тактов. Такты 1, 3 и 4, 6 имеют одинаковые веса, то есть цикло-

грамма нереализуема. Для того чтобы сделать ее реализуемой, необходимо ввести элементы памяти. Количество элементов памяти s зависит от числа совпадающих тактов M :

$$2^{s_{min}} \geq M ; 2^{s_{max}} \geq 2M - 1.$$

В рассматриваемом случае $M = 2$, следовательно, $s_{min} = 1$, $s_{max} = 2$. Анализ циклограммы показывает, что достаточно одного элемента памяти, который будет включаться между первым и третьим и выключаться между четвертым и шестым тактами. Полученная реализуемая циклограмма показана на рисунке 5.12.

Вес элемента	Исполнительный механизм	Номер такта							
		1	2	3	4	5	6	7	8
2^0	Y_1	0	1	1	0	0	1	1	0
2^1	Y_2	0	0	0	0	1	1	1	1
2^2	Z	0	0	1	1	1	1	0	0
Вес такта		0	1	5	4	6	7	3	2

Рисунок 5.12 – Реализуемая циклограмма работы переключного автомата

В ней увеличено количество тактов, так как в каждом такте может включаться и выключаться только один элемент.

На основании циклограммы составим таблицу включений (рисунок 5.13), которая показывает состояние входных и выходных сигналов на каждом такте.

Входной и выходной сигналы	Номер такта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Y_1	1	1	0	0	1	1	0	0
\bar{Y}_1	0	0	1	1	0	0	1	1
Y_2	0	0	0	1	1	1	0	0
\bar{Y}_2	1	1	1	0	0	0	1	1
Y_Z	0	1	1	1	0	0	0	0
\bar{Y}_Z	1	0	0	0	1	1	1	1
X_1	1	1	0	0	1	1	0	0
X_2	0	0	0	1	1	1	1	1
Z	0	0	1	1	1	0	0	1

Рисунок 5.13 – Схема включений переключного автомата

В соответствии с циклограммой и таблицей включений составляют логические функции автомата:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1\vee Z\bar{X}_2X_1\vee ZX_2\bar{X}_1\vee ZX_2X_1; \\
 \bar{Y}_1 &= Z\bar{X}_2X_1\vee Z\bar{X}_2\bar{X}_1\vee Z\bar{X}_2X_1\vee Z\bar{X}_2\bar{X}_1; \\
 Y_2 &= Z\bar{X}_2\bar{X}_1\vee ZX_2\bar{X}_1\vee ZX_2X_1\vee Z\bar{X}_2X_1; \\
 \bar{Y}_2 &= \bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1\vee \bar{Z}\bar{X}_2X_1\vee Z\bar{X}_2X_1\vee Z\bar{X}_2\bar{X}_1; \\
 Y_Z &= \bar{Z}\bar{X}_2X_1\vee Z\bar{X}_2X_1\vee Z\bar{X}_2\bar{X}_1\vee ZX_2\bar{X}_1; \\
 \bar{Y}_Z &= \bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1\vee ZX_2X_1\vee \bar{Z}\bar{X}_2X_1\vee \bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1.
 \end{aligned}$$

Элементы схемы, воспринимающие выходные сигналы, могут обладать памятью, как, например, триггеры, распределители гидро- и пневмопотоков и т. д. Именно такие элементы используются в рассматриваемой системе (в качестве элемента памяти используется триггер). Они характеризуются тем, что сохраняют свое состояние до следующей команды на его смену. Поэтому логические функции можно упростить, считая часть комбинаций условными (те комбинации, которые не переводят выходную величину в новое состояние. В следующих формулах эти комбинации взяты в скобки:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1\vee Z\bar{X}_2X_1\vee (ZX_2\bar{X}_1)\vee (ZX_2X_1); \\
 \bar{Y}_1 &= Z\bar{X}_2X_1\vee (Z\bar{X}_2\bar{X}_1)\vee \bar{Z}\bar{X}_2X_1\vee (\bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1); \\
 Y_2 &= Z\bar{X}_2\bar{X}_1\vee (ZX_2\bar{X}_1)\vee (ZX_2X_1)\vee (\bar{Z}\bar{X}_2X_1); \\
 \bar{Y}_2 &= (\bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1)\vee (\bar{Z}\bar{X}_2X_1)\vee (Z\bar{X}_2X_1)\vee Z\bar{X}_2\bar{X}_1; \\
 Y_Z &= \bar{Z}\bar{X}_2X_1\vee (Z\bar{X}_2X_1)\vee (Z\bar{X}_2\bar{X}_1)\vee (ZX_2\bar{X}_1); \\
 \bar{Y}_Z &= (\bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1)\vee ZX_2X_1\vee (\bar{Z}\bar{X}_2X_1)\vee (\bar{Z}\bar{X}_2\bar{X}_1).
 \end{aligned}$$

Эти функции можно минимизировать, используя матрицы Карно (рисунок 5.14):

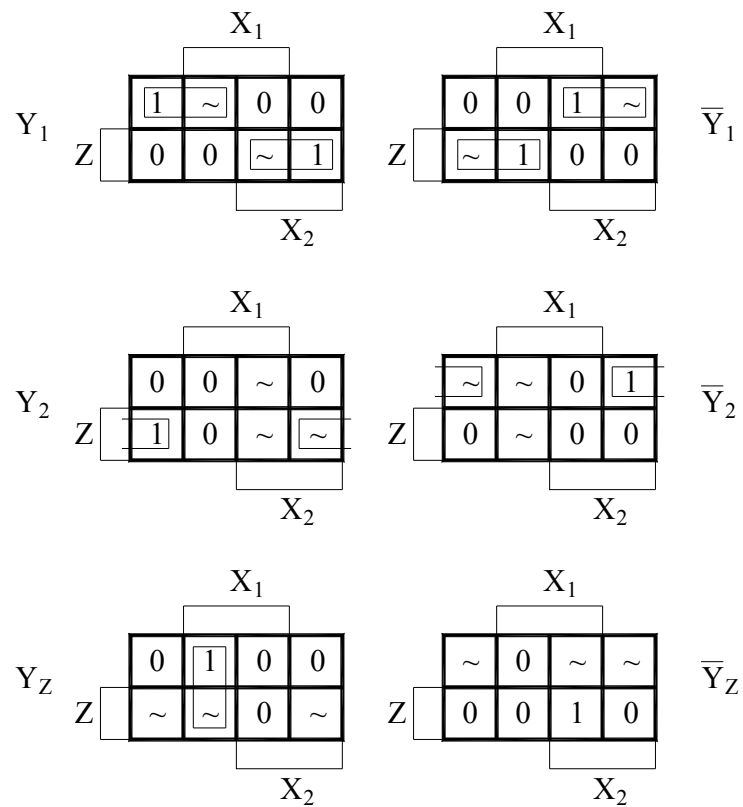


Рисунок 5.14 – Матрицы Карно для функций управления автоматом-переключателем

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \bar{Z}\bar{X}_2\vee ZX_2; \bar{Y}_1 = Z\bar{X}_2\vee\bar{Z}X_2; \\
 Y_2 &= Z\bar{X}_1; \bar{Y}_2 = \bar{Z}\bar{X}_1; \\
 Y_z &= \bar{X}_2X_1; \bar{Y}_z = X_2X_1.
 \end{aligned}$$

На основе полученных функций синтезируется система управления (рисунок 5.15).

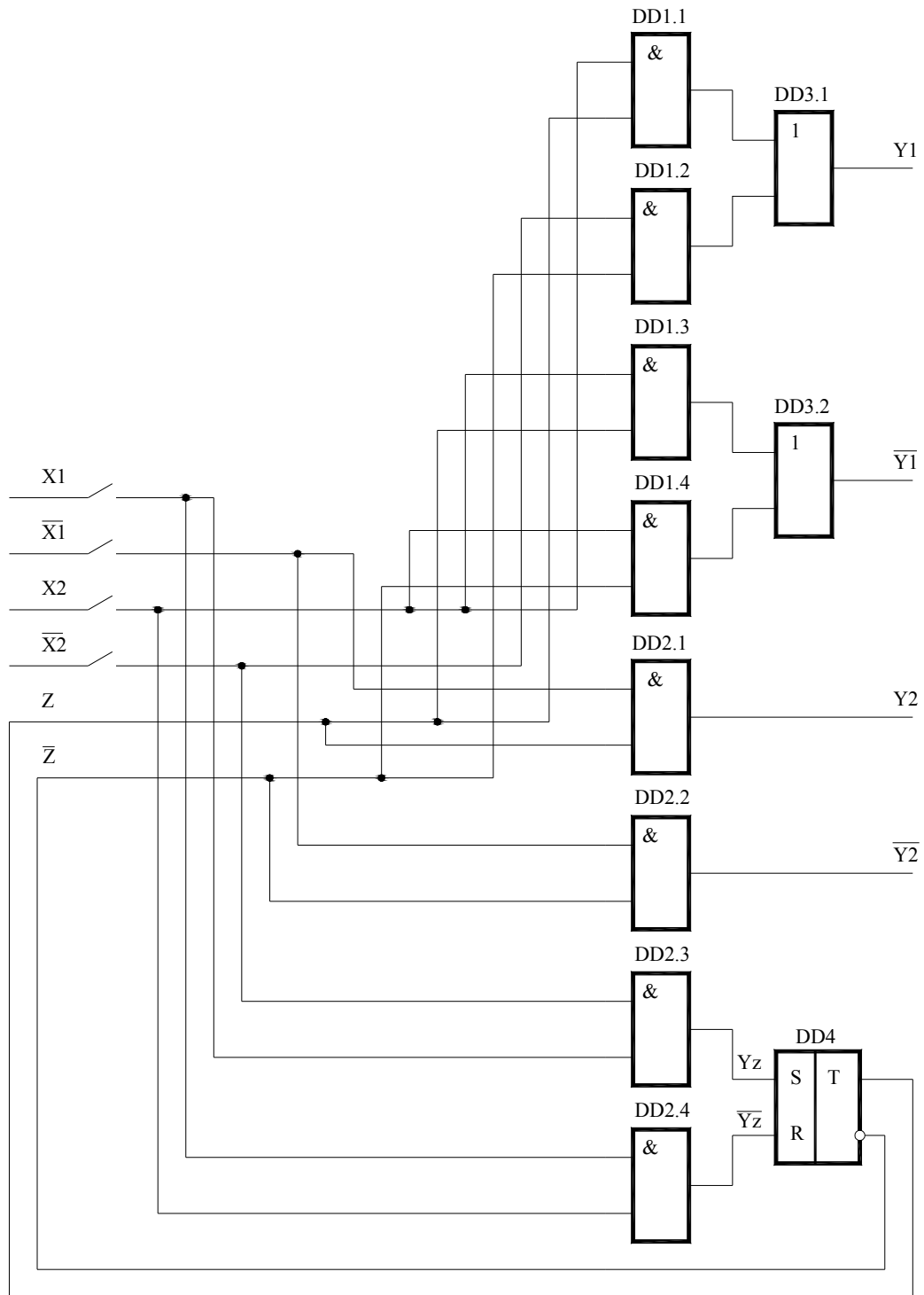


Рисунок 5.15 – Схема управления переключочным автоматом

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из двух стенов. Стенд №1 предназначен для изучения работы универсального пневмореле РУП-1 при реализации различных логических функций. Он состоит из реле 1, трех пневмотумблеров КД1, КД2, КД3, регулятора давления питания 2, манометра 3, сигнального устройства 4 и набора соединительных трубок (рис. 5.16). Стенд №2 предназначен для синтеза системы управления на логических элементах и содержит три пневмотумблера КД1, КД2, КД3, манометр 1, три пневмореле 2, 3, 4 и сигнальное устройство 5 (рис. 5.17).

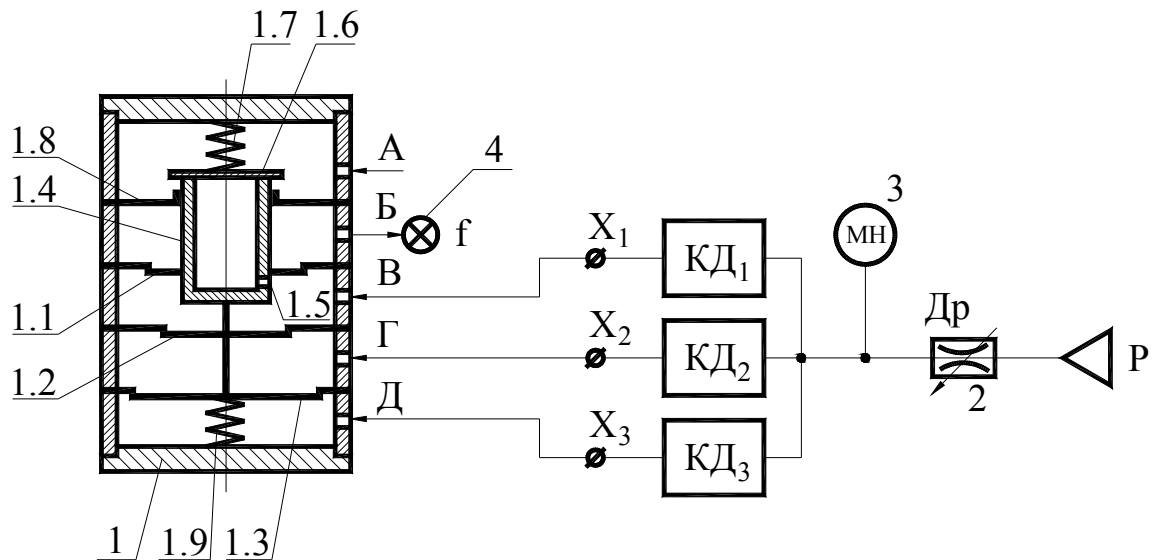


Рисунок 5.16 – Схема лабораторной установки для исследования работы универсального реле РУП-1 (стенд №1)

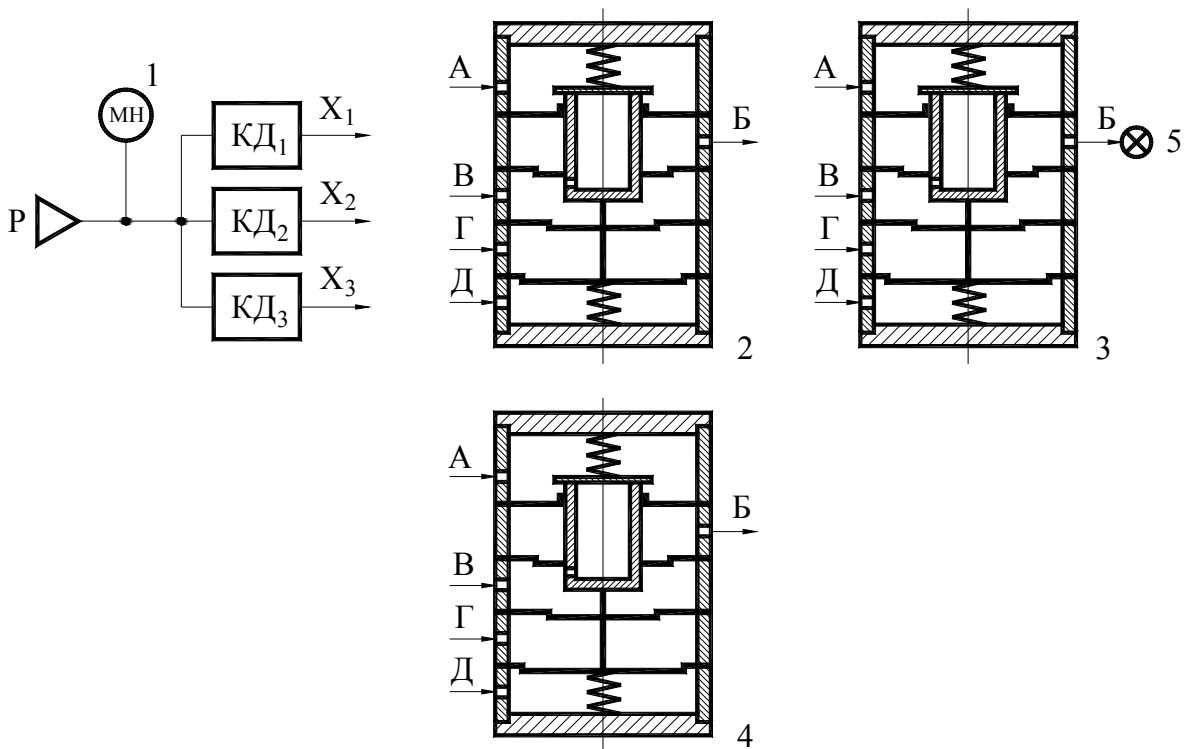


Рисунок 5.17 – Элементы стенда №2 для синтеза СУ на реле РУП-1

Описание конструкции реле РУП-1. Способы реализации логических функций

Реле РУП-1 является пневматическим многофункциональным логическим элементом. На трех упругих мембранах 1.1, 1.2, 1.3 (рис. 5.16) с различными эффективными площадями $S_3 > S_1 > S_2$ закреплен жесткий цилиндр 1.4 с отверстием 1.5, соединяющим полость цилиндра 1.4 с камерой В. Соединение цилиндра со всеми мембранами жесткое. Клапан 1.6 поджимается пружиной 1.7 к седлу 1.8. Под действием пружины 1.9 верхний торец цилиндра 1.4 поджимается к клапану 1.6 и поднимает его. В этом положении клапан 1.6 запирает цилиндр 1.4. Кольцевой зазор между клапаном 1.6 и седлом В образует одно сопло, а кольцевой зазор между клапаном 1.6 и жестким цилиндром 1.4 – второе сопло. Первое и второе сопла образуют разновысокое сдвоенное со-

пло, управляемое одной заслонкой (клапаном 1.6), поддерживаемой верхней пружиной так, что исключается одновременное открытие обоих сопел. Первоначальное состояние сопел фиксируется пружиной 1.9.

Выходом реле РУП-1 постоянно является камера Б, а входами могут быть любые, в зависимости от реализуемой функции. Кроме того, при реализации ряда функций необходимо постоянно подавать в отдельные камеры давление питания $P_{пит}$, приводящее реле в состояние готовности для реализации той или иной функции. Уровни давления $P_{пит}$ и входных переменных одинаковы, $P_{пит} = 0,1$ МПа.

Для реализации логической функции (ЛФ) «И» входные сигналы X_1 и X_2 подают в камеры В и Г, для реализации ЛФ «ИЛИ» в камеру В подают постоянное давление от магистрали, а в камеры А и Г подают входные сигналы X_1 , X_2 . Для реализации операции «НЕ» постоянное давление подают в камеры В и Г, а входной сигнал X_1 подают в камеру Д. При реализации ЛФ повторения, постоянное давление подают в камеру В, а входной сигнал X_1 в камеру Г. При правильной реализации логической функции на выходе камеры Б включается сигнальная пневмолампа 4.

Обязательным требованием для реле является наличие петлеобразной (релейной) характеристики.

Порядок выполнения работы на стенде №1

1. Ознакомиться с принципом работы и устройством реле РУП-1.
2. Снять статическую характеристику реле, для чего:
 - а) собрать схему реализации ЛФ повторения;
 - б) плавно увеличивая давление в системе питания дросселем 2, по манометру определить давление срабатывания реле $P_{ср}$;
 - в) плавно уменьшая давление, определить давление отпускания;
 - г) пункты а – в повторить 3 раза.
 По средним значениям построить характеристику реле.
3. Реализовать логические операции «И», «ИЛИ», «НЕ».

Порядок выполнения работы на стенде №2

1. Для заданных преподавателем условий работы системы управления составить таблицу состояния.
2. Минимизировать логическую функцию, описывающую работу СУ при помощи матрицы Карно и построить структурную схему.
3. Собрать на универсальных реле РУП-1 схему для реализации заданных условий работы СУ.

Содержание отчета

1. Схема стенда №1 и описание конструкции реле РУП-1.
2. Релейная характеристика РУП-1.
3. Условия работы СУ, таблица состояния и минимизированная логическая функция.
4. Структурная схема СУ на логических элементах.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Чем отличаются одноктактные и многотактные системы управления?
2. Основные логические функции, их преобразование и реализация.
3. Способы минимизации логических функций.

Литература

1. Пневматические устройства и системы в машиностроении. Справочник/ Е.В.Герц, А.И.Кудрявцев, О.В.Ложкин и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.
2. Лазарев, В.Г., Пийль, Е.И. Синтез управляющих автоматов. – М.: Энергия, 1970. – 400 с.
3. Пупырев, Е.И. Перестраиваемые автоматы и микропроцессорные системы. – М.: Наука, 1984.
4. Теория автоматического управления: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/ В.Н. Брюханов, М.Г. Косов, С.П. Протопопов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2003. – 268 с.

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Цель работы: изучение основных принципов управления внешними устройствами от ЭВМ, изучение принципов построения систем цифрового управления технологическим оборудованием.

Оборудование и принадлежности к работе

- | | |
|---------------------------|---------|
| 1. Лабораторный макет | – 1 шт. |
| 2. Персональный компьютер | – 1 шт. |

Основные положения

В настоящее время широко используются системы управления различным технологическим оборудованием на основе промышленных контроллеров и ЭВМ в специальном промышленном исполнении (на основе одноплатных компьютеров формата PC/104, PC/104+, MicroPC, EBX и др.). В таких системах различные исполнительные устройства управляются с помощью цифровых сигналов. Для коммутации мощных цепей питания исполнительных устройств используют ключи различных типов – транзисторные, тиристорные, реле и т. д.

Наиболее простой способ управления нагрузкой – использование транзисторных ключей, как показано на рисунке 6.1 [1]. При необходимости гальванической развязки между цепью управления и нагрузкой можно использовать оптопару, как показано на рисунке 6.2 [1]. Транзисторные ключи позволяют управлять нагрузкой, потребляющей ток до 10 А при напряжении до 100 В. Если в качестве нагрузки используется катушка реле, то такой комбинацией можно коммутировать нагрузку практически с любыми параметрами питания. В схемах на рисунке 1 предполагается, что нагрузка является индуктивной (например, та же катушка реле или обмотка двигателя), поэтому параллельно с ней во встречном к питанию направлении включается диод VD1. Его функция – «закорачивание» возникающей при срабатывании ключа ЭДС самоиндукции для защиты транзистора от возможного выхода из строя.

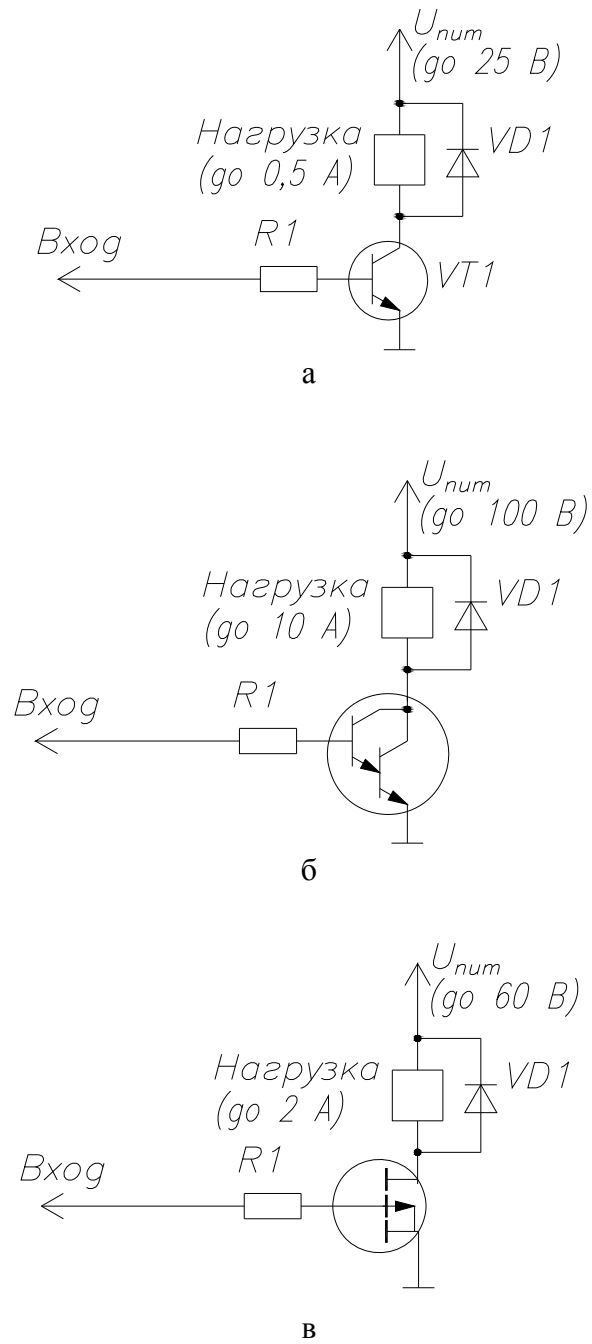


Рисунок 6.1 – Управление нагрузкой: а) на биполярном транзисторе; б) на составном транзисторе (Дарлингтона); в) на полевом транзисторе

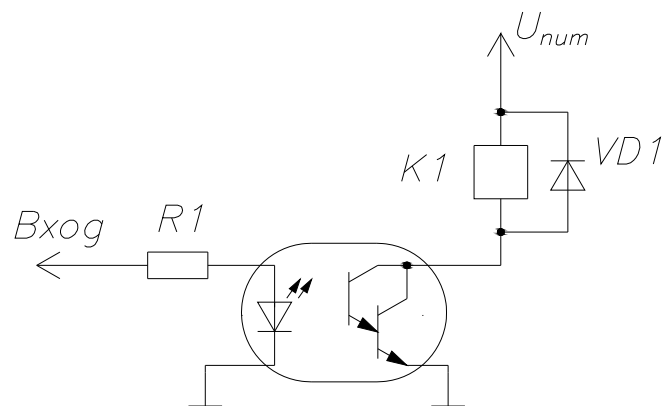


Рисунок 6.2 – Схема управления нагрузкой (реле) с помощью оптопары

Резистор R1 служит для задания требуемого тока базы транзистора. Его величина выбирается следующим образом. Если нагрузка потребляет ток I_H , а выходной ток схемы управления (порта контроллера) $I_{\text{ВЫХ}}$, то требуемый коэффициент усиления транзистора по току

$$h_{21Э} = I_{\text{ВЫХ}} / I_H.$$

По полученному коэффициенту усиления, току коллектора и напряжению питания нагрузки ($U_{\text{пит}}$ на рисунке 6.1 – напряжение между коллектором и эмиттером) выбирается транзистор. Затем с учетом падения напряжения на базовом переходе транзистора $U_б = 0,7$ В определяется R_1 :

$$R_1 = (U_1 - U_б) / I_{\text{ВЫХ}},$$

где U_1 – напряжение, соответствующее логической единице на управляющем выходе контроллера, обычно 2,4...5 В.

Например, требуется коммутировать от параллельного порта компьютера ($I_{\text{ВЫХ}} = 5$ мА) нагрузку в виде реле РЭС-9 с напряжением питания катушки $U_{\text{пит}} = 12$ В и потребляемым током $I_H = 80$ мА. Требуемый коэффициент усиления транзистора

$$h_{21Э} = 80 / 5 = 16.$$

В данном случае подходит практически любой маломощный транзистор, например КТ315. Значение токоограничивающего резистора:

$$R_1 = (2,4 - 0,7) / 0,005 = 340 \text{ Ом.}$$

Ближайшее большее стандартное значение 470 Ом, что и выбираем.

Из устройств ввода наиболее широко в системах промышленной автоматики используются различные дискретные датчики – кнопки и клавиши, конечные выключатели контактного и бесконтактного типов (фотоэлектрические, индуктивные и др.) Бесконтактные датчики, как правило, имеют на выходе стандартный цифровой сигнал и подключаются к входам контроллера или компьютера напрямую (рисунок 6.3). При срабатывании датчика S1 вход микроконтроллера закорачивается на землю, и уровень сигнала меняется с высокого уровня (+5 В) на низкий (0 В). Резистор R1 в такой схеме служит для задания входного тока.

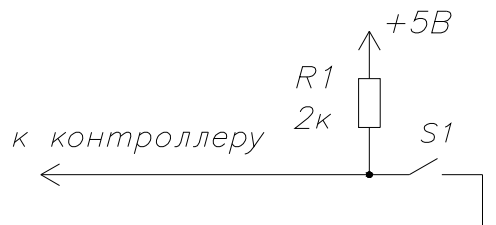


Рисунок 6.3 – Подключение дискретного датчика к контроллеру

При срабатывании контактных устройств ввода возникает так называемый «дребезг контактов», то есть многократное замыкание и размыкание до момента окончательного срабатывания. Там, где это является существенным, применяют антидребезговые меры: подключают датчики через формирователи на триггерах Шмита (это показано на рис. 6.3) или используют специальные программы обработки сигнала от датчика. Триггеры Шмита также используют для формирования сигнала от оптических

датчиков (оптопар).

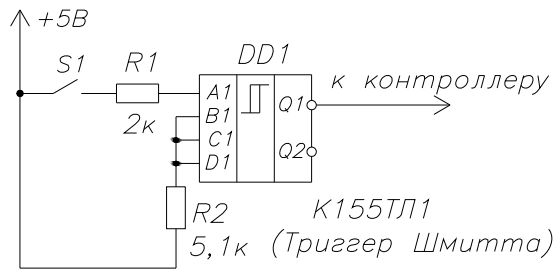


Рисунок 6.4 – Антидребезговая схема на триггере Шмитта

Число входов и выходов контроллера или компьютера ограничено, поэтому при большом количестве устройств их подключают через дешифраторы, как показано на рисунке 6.5 (три устройства управляются через транзисторные ключи и дешифратор двумя линиями микроконтроллера), или используют другие меры.

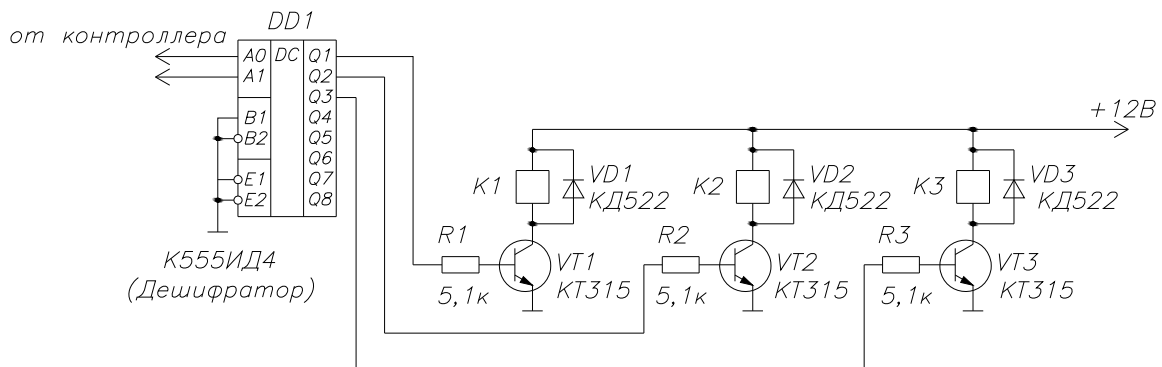


Рисунок 6.5 – Управление с помощью дешифратора

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой макет для демонстрации управления нагрузкой от ЭВМ через параллельный порт. Схема установки показана на рис. 6.6.

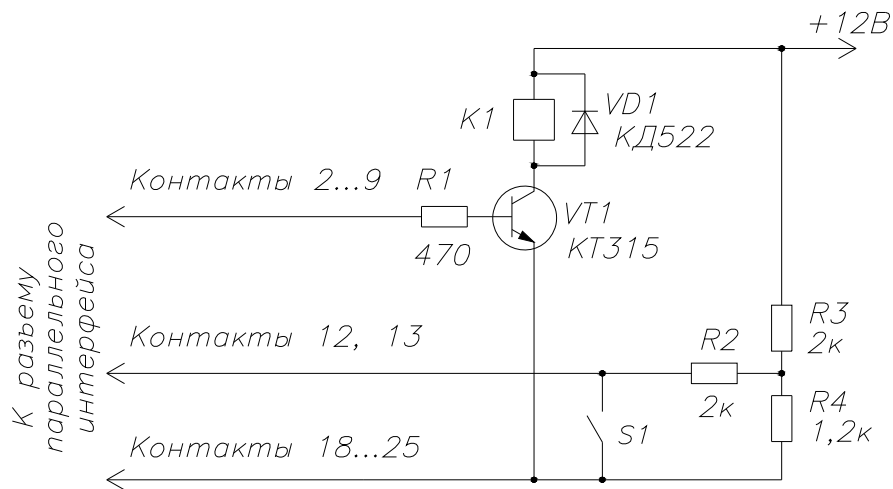


Рисунок 6.6 – Схема лабораторного макета

Краткие сведения о параллельном интерфейсе Centronics [2].

Интерфейс Centronics предназначен для подключения принтера, поэтому все его сигнальные линии спроектированы, исходя из этого. При подключении нестандартных устройств разработчик использует эти сигналы произвольно и располагает следующими ресурсами:

- восьмиразрядная шина данных для вывода информации из компьютера на внешнее устройство (сигналы D0...D7), ее адрес для обращения из программы 378h (в шестнадцатеричной нотации);
- четырехразрядная шина управления для тех же целей (сигналы STROBE, AUTO FD, INIT, SLCT IN), ее адрес 37Ah (в шестнадцатеричной нотации);
- пятиразрядная шина состояния для ввода информации от внешнего устройства в компьютер (сигналы ACK, BUSY, PE, SLCT, ERROR), ее адрес 379h (в шестнадцатеричной нотации);
- шина "земли".

Если используется компьютер с процессором 80386 и выше, то часто возможно использование стандарта EPP (выше перечислены ресурсы для стандарта SPP), при этом шину данных можно использовать как для вывода, так и для ввода информации.

Все эти сигналы обслуживаются программно. Как видно, информация для ввода в компьютер ограничивается пятью разрядами, поэтому для увеличения разрядности необходимо принимать особые меры.

Скорость обмена данными по интерфейсу Centronics до 600 кбит/с (SPP) или до 2 Мбит/с (EPP).

Выполнение работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Собрать схему с транзисторным ключом и реле. К исполнительным контактам реле подключить нагрузку, выданную преподавателем. МЕСТА СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДОВ ЗАИЗОЛИРОВАТЬ!
3. Подключить транзисторный ключ и конечный выключатель к параллельному порту ЭВМ в соответствии с номерами контактов, приведенными на схеме (рис. 6.5), как показано на рисунке 6.6.
4. Включить ЭВМ и запустить программу Turbo Pascal с помощью ярлыка на «Рабочем столе» Windows 98. При этом автоматически загрузится файл control.pas следующего содержания:

```

program centronics;
uses CRT;
begin
  Port[$378]:=0;
  repeat
    writeln('Press Enter to switch on');
    readln;
    Port[$378]:=not Port[$378];
    writeln('Press Enter to switch off or Esc to escape');
    readln;
    Port[$378]:=not Port[$378];
  until keypressed and readkey=#27;
  Port[$378]:=0;
end.

```

5. Ознакомиться с работой лабораторной установки на различных режимах, позволяемых программой.

5.1. В исходном состоянии программа при запуске (комбинация клавиш Ctrl-F9) позволяет включать и выключать реле клавишей Enter. Проверить работу программы.

5.2. Видоизменить программу таким образом, чтобы реле срабатывало только при отжатом конечном выключателе. Для этого перед выполнением команды программа должна проверять регистр состояния (новые строки выделены курсивом):

```

program centronics;
uses CRT;
var a:integer;
begin
  Port[$378]:=0;
  a:=Port[$379];
  repeat
    if Port[$379]=a then begin
      writeln('Press Enter to switch on');
      readln;
      Port[$378]:=not Port[$378];
      writeln('Press Enter to switch off or Esc to escape');
      readln;
      Port[$378]:=not Port[$378]
    end;
  until keypressed and readkey=#27;
  Port[$378]:=0;
end.

```

Проверить работу программы.

6. Выйти из Turbo Pascal комбинацией клавиш Alt-X. На предложение сохранить изменения ответить отказом. Закрыть окно MS-DOS и выключить компьютер.

7. Выполнить задание на составление схемы и алгоритма управления (варианты задания приведены в приложении).

Содержание отчета

1. Результаты работы.
2. Выводы по результатам работы.
3. Схема для заданной системы управления с описанием работы схемы.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Как работает транзисторный ключ?
2. Для чего параллельно реле включается диод?
3. Приведите примеры дискретных датчиков.

Литература

1. Ан, Пей. Сопряжение ПК с внешними устройствами. – М.: ДМК, 2001. – 320 с.
2. Новиков, Ю.В., Калашников, О.А., Гуляев, С.Э. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC. – М.: ЭКОМ, 1998. – 224 с.

Приложение

Вариант 1

Стол строгального станка перемещается возвратно-поступательно. Ход ограничен конечными выключателями.

Вариант 2

Детали из вибробункера загружаются на сборочную позицию. После подачи заданного количества деталей вибробункер должен отключаться, после подачи на сборочную позицию нового узла – снова включаться.

Вариант 3

В жидкостный термостат подается вода включением электромагнитного клапана. После достижения заданного уровня клапан отключается, и включается нагрев. После окончания нагрева нагреватель отключается, и включается клапан слива.

Вариант 4

Система автоматического регулирования температуры на основе электроконтактного термометра (см. часть 1, лабораторная работа № 3).

Вариант 5

Елочная гирлянда на 20 лампочек (каждая на 2,5 В, 0,5 А) четырех цветов. Должна отключаться после возгорания елки.

Вариант 6

Схема управления освещением. Свет должен включаться при закрытых окнах и дверях при наличии людей в помещении.

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ РЕЛЕЙНЫХ КОНТАКТНЫХ И БЕСКОНТАКТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Цель работы: изучение основных принципов построения систем управления технологическим оборудованием на основе реле и перехода от релейных контактных схем к бесконтактным.

Оборудование и принадлежности к работе

Лабораторный макет – 1 шт.

Основные положения

Релейные контактные системы управления технологическим оборудованием используются уже много лет, благодаря неоспоримым преимуществам:

- простота схемы;
- возможность управлять большими токами и напряжениями с помощью относительно небольших управляющих сигналов;
- гальваническая развязка между цепями управления и нагрузки.

Однако в настоящее время сказываются недостатки таких систем:

- большие габариты управляющей части системы, связанные с большим количеством реле и их размерами;
- элементы релейной системы разнесены в пространстве (исполнительные устройства, шкаф с управляющей частью системы, пульт оператора), в связи с чем требуется большое количество соединительных проводов, это усложняет монтаж, обслуживание и ремонт системы;
- невысокая надежность контактных элементов, связанная с образованием электрической дуги при замыкании и размыкании контактов;
- переход на управление релейными элементами с помощью микроконтроллеров требует значительной перестройки схемы и введения дополнительных элементов, таких как транзисторные ключи для включения-выключения реле.

Поэтому в современных условиях является актуальным переход от релейных контактных к бесконтактным схемам на логических элементах. Это позволяет снизить габариты системы. Как правило, релейная контактная система занимает один или даже несколько шкафов, для которых требуется место, подвод питания с относительно высокой мощностью источника, так как большое количество катушек реле потребляют относительно большой ток. Сами шкафы должны иметь охлаждение в виде вентиляторов, в схему требуется водить искрогасящие элементы, демпферные выпрямительные столбы для борьбы с ЭДС самоиндукции, что еще больше увеличивает габариты. Система на бесконтактных элементах имеет меньшие габариты управляющей части, потребляет значительно меньшие токи и не требует дополнительных мер по повышению надежности. На рисунке 7.1 показан пример управляющего шкафа релейной контактной системы и модернизированный вариант той же схемы на бесконтактных элементах с микропроцессорным управлением. По фотографиям видно, что габариты резко уменьшились (для сравнения: высота шкафа на рисунке а около 2 м, на рисунке б – около 0,6 м), наибольшие размеры имеют элементы для коммутации управляемой нагрузки (реле и магнитные пускатели) и монтажные колодки. Еще больше габариты можно уменьшить с переходом на коммутацию цепей нагрузки современными транзисторными и тиристорными ключами, позволяющими переключать токи до 120 А.



а



б

Рисунок 7.1 – Управляющая часть релейной контактной системы (а) и вариант той же системы на бесконтактных элементах (б)

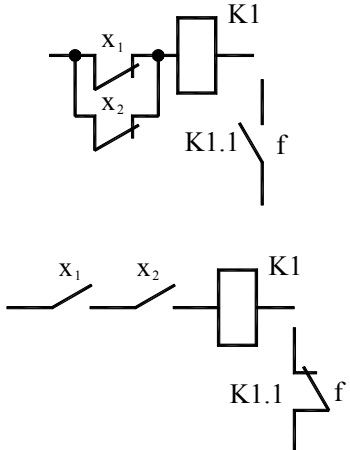
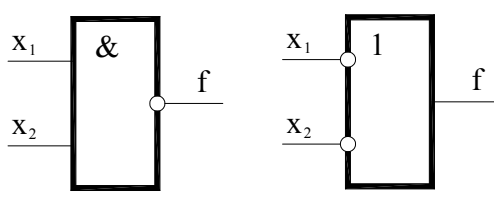
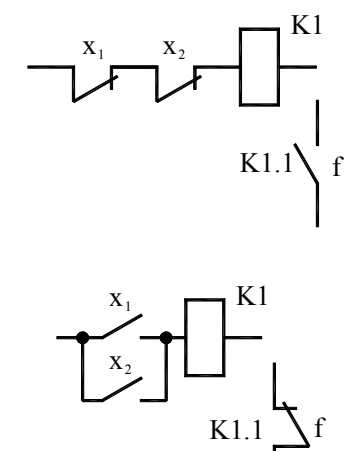
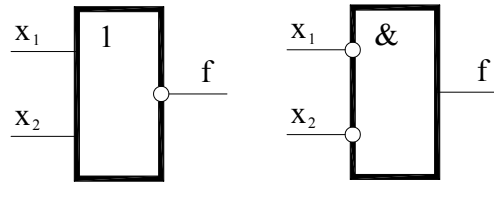
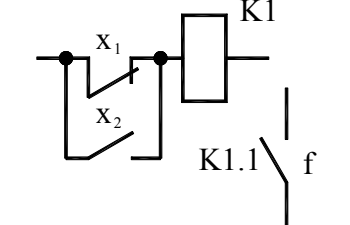
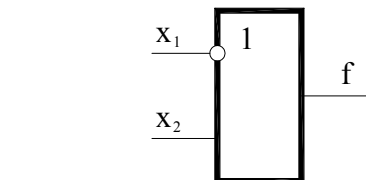
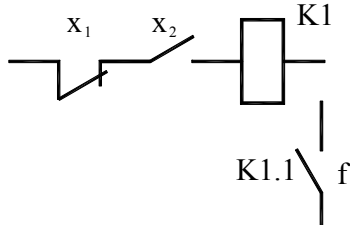
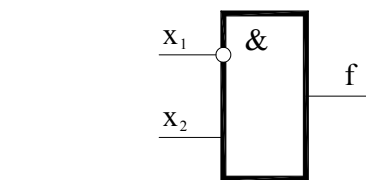
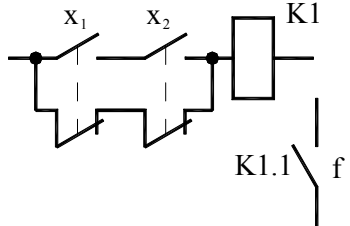
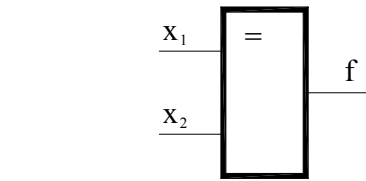
Схемы на бесконтактных элементах удобны для микропроцессорного управления, так как работают со стандартными цифровыми сигналами и легко подключаются к микроконтроллерам, микропроцессорным системам, промышленным компьютерам и

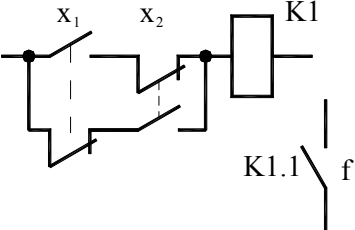
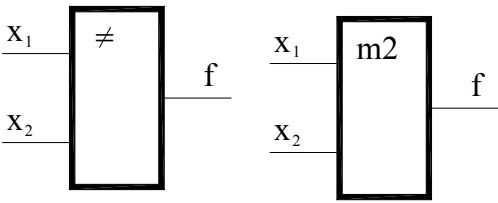
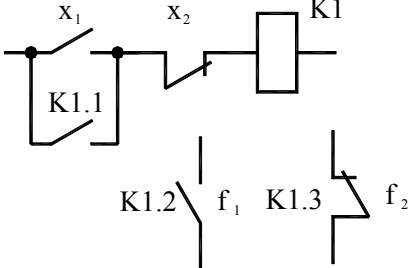
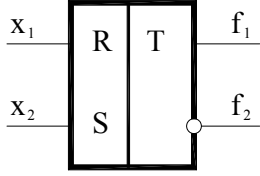
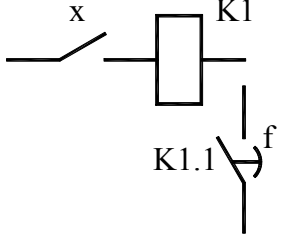
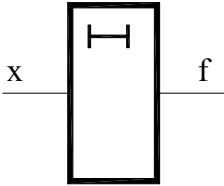
контроллерам. В простых случаях все управляющие функции могут быть реализованы непосредственно контроллером, к входам-выходам которого подключаются датчики и элементы коммутации нагрузки (транзисторные ключи или их комбинации с реле). В более сложных системах для упрощения программы, по которой работает микроконтроллер, алгоритм работы системы (циклограмма) реализуется логической схемой, заменяющей релейную, а контроллер формирует сигналы управления, аналогичные нажатию кнопок на пульте оператора.

Проектирование бесконтактных систем управления связано как с созданием новых систем, так и с модернизацией существующих релейных. В последнем случае выполняется замена комбинаций реле и контактных элементов на соответствующие логические устройства. Соответствие между релейными схемами и логическими элементами иллюстрируется таблицей 7.1

Таблица 7.1 – Реализация и обозначение основных логических элементов

Элемент, операция	Схема реализации	
	На реле	На бесконтактных элементах
Повторитель «ДА» $f = x$		
Инвертор «НЕ» $f = \bar{x}$		
Конъюнктор «И» $f = x_1 \cdot x_2$		
Дизъюнктор «ИЛИ» $f = x_1 \vee x_2$		

<p>Элемент Шеффера «И-НЕ»</p> $f = \overline{x_1 \cdot x_2};$ $f = \overline{x_1} \vee \overline{x_2}$		
<p>Элемент Пирса «ИЛИ-НЕ»</p> $f = \overline{x_1 \vee x_2};$ $f = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$		
<p>Импликатор $f = \overline{x_1} \vee x_2$</p>		
<p>Запрет $f = \overline{x_1} \cdot x_2$</p>		
<p>Эквивалентность $f = x_1 \cdot x_2 \vee \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}$</p>		

<p>Неэквивалентность</p> $f = \bar{x}_1 \cdot x_2 \vee x_1 \cdot \bar{x}_2$		
<p>Триггер</p>		
<p>Элемент задержки</p>		

При переходе от контактной схемы к бесконтактной фрагменты релейной системы заменяют логическими элементами. При этом следует учитывать, что мощность выходного сигнала логических элементов недостаточна для непосредственного управления нагрузкой, поэтому в схему добавляют усилители или транзисторные ключи. Для формирования цифрового сигнала на выходе дискретных датчиков используют формирователи (например, триггеры Шмитта).

Переход от контактной схемы к бесконтактной показан ниже на примере лабораторной установки.

Описание лабораторной установки

В лабораторном макете (схема показана на рисунке 7.2) с помощью двух двигателей постоянного тока реализуется перемещение тележки сначала в одну сторону до замыкания первого конечного выключателя, затем движение в противоположную сторону до замыкания второго конечного выключателя и остановка.

При замыкании нормально открытых (н. о.) контактов кнопки SB2 ток проходит через катушку реле K1 и включает его. Замыкаются н. о. контакты K1.3 и включается двигатель M1 перемещения тележки влево. Двигатель питается постоянным током 115 В. При включении реле K1 параллельно контактам кнопки SB2 включаются контакты K1.1, что позволяет отпустить кнопку SB2 без нарушения питания катушки реле K1.

Нормально закрытые (н. з.) контакты K1.2 при включении реле K1 размыкаются, что исключает возможность пуска двигателя обратного хода M2 при включенном двигателе M1.

В конце хода тележка нажимает упором на конечный выключатель SQ1 и размыкает н. з. контакт SQ1.1 в цепи катушки реле K1, что приводит к выключению реле и разрыву контактов K1.1 и K1.3, кнопка SB2 больше не блокируется. Перемещение тележки после размыкания SQ1.1 прекращается.

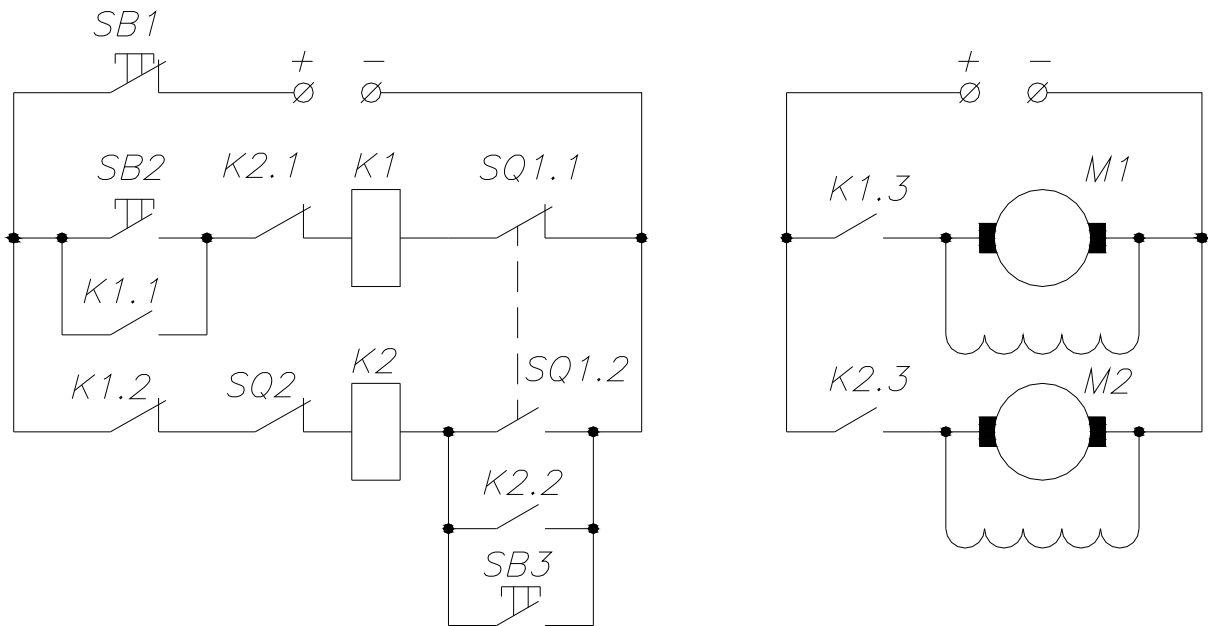


Рисунок 7.2 – Схема лабораторной установки

Н. з. контакты K1.2 при выключении реле K1 замыкаются, чем подготавливается цепь включения реле K2 двигателя обратного хода M2.

Одновременно с размыканием н. з. контактов SQ1.1 включаются н. о. контакты этого же конечного выключателя – SQ1.2 в цепи K2. Реле K2 получит питание через н. з. контакты K1.2, н. з. контакты конечного выключателя SQ2 и н. о. контакты SQ1.2.

Н. о. контакты K2.3 включают двигатель обратного хода M2, контакты K2.2 блокируют н. о. контакты SQ1.2, которые разомкнутся после начала движения тележки в обратном направлении.

Н. з. контакты K2.2 разомкнутся, что исключает возможность включения K1, т. е. двигателя M1.

Когда тележка вернется в исходное положение, ее упором нажимается конечный выключатель SQ2 и его н. з. контакты размыкаются, реле K2 выключается, и его контакты K2.3 выключают M2, разрываются блокирующие контакты K2.1. Схема пришла в исходное положение.

В любой момент цикла тележка может быть остановлена нажатием на кнопку SB1 ("стоп"). Продолжение движения тележки в одном из направлений производится нажатием на кнопки SB2 или SB3.

Бесконтактная схема той же установки показана на рисунке 7.3. К ее входам SB1, SB2, SB3 могут подключаться кнопки или выходы порта микроконтроллера. Элементы K1, K1.1 и K2, K2.2 заменены соответственно триггерами DD2 и DD4, контакты K1.2 и K2.1 – элементами DD1.4 и DD1.1, элемент DD3 заменяет параллельное соединение конечного выключателя SQ1.2 и кнопки SB3, элементы DD1.2 и DD1.3 предназначены для одновременного сброса триггеров в нулевое состояние сигналом SB1 в любой момент времени. Так как выходные логических элементов являются цифровыми, для коммутации двигателей M1 и M2 ключи на транзисторах VT1 и VT2. После завершения цикла триггеры должны быть сброшены в нулевое состояние сигналом SB1, после чего можно начинать следующий цикл.

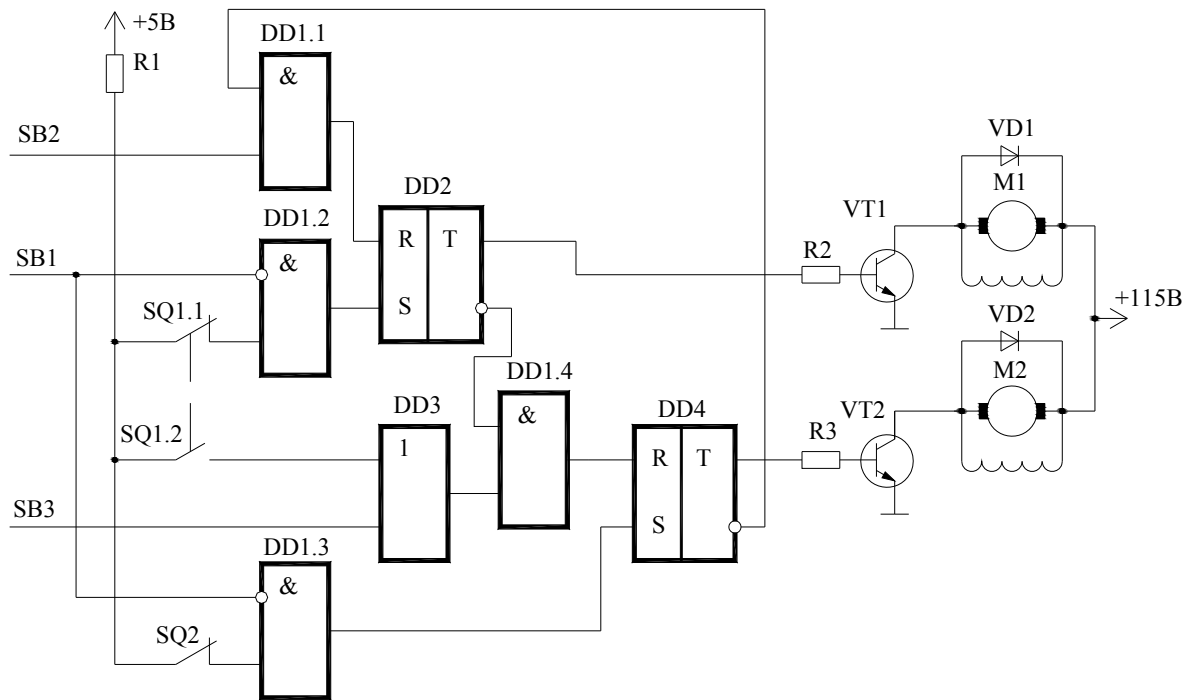


Рисунок 7.3 – Реализация схемы лабораторной установки на бесконтактных элементах

В данном случае алгоритм работы схемы довольно простой, поэтому его можно реализовать программно с помощью микроконтроллера. В результате получим схему, показанную на рисунке 7.4.

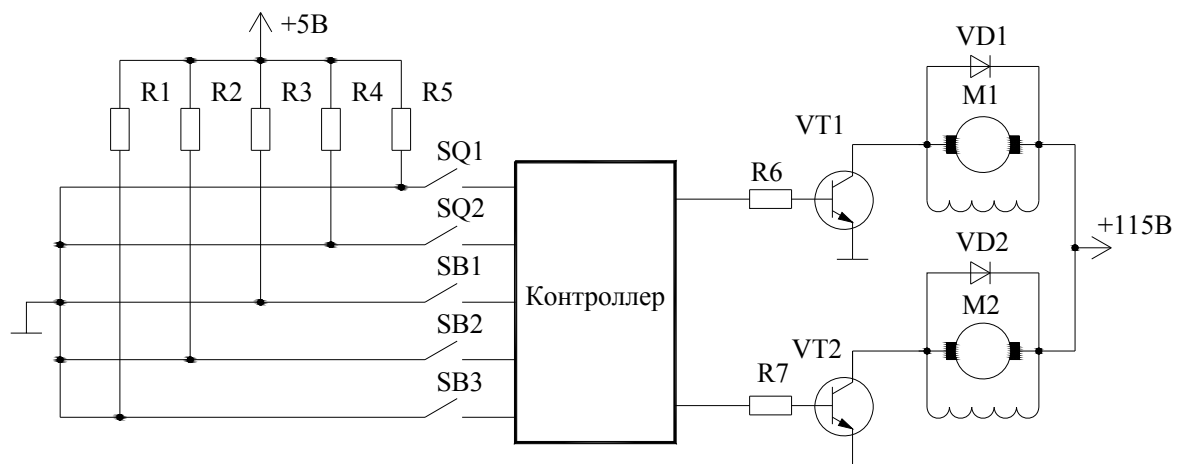


Рисунок 7.4 – Схема с управлением от микроконтроллера

Чтобы использовать менее мощные и дорогие транзисторы, ту же схему можно выполнить на реле (рисунок 7.5).

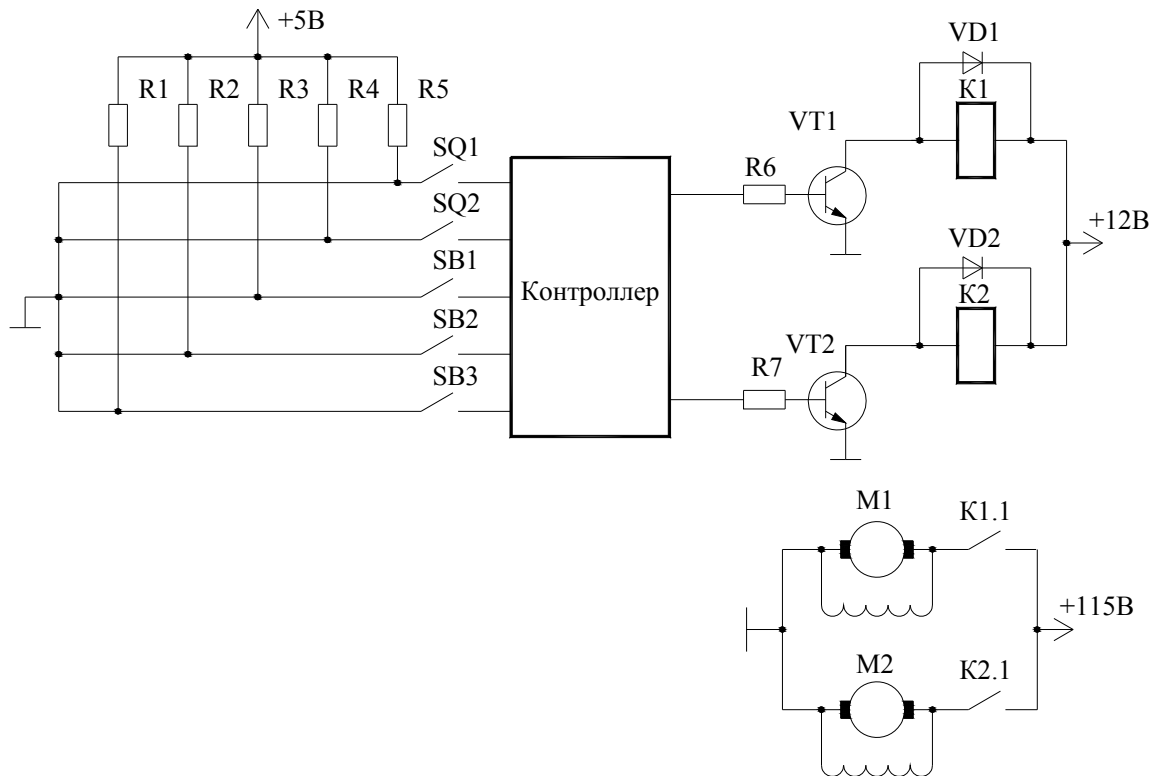


Рисунок 7.5 – Релейная схема с управлением от микроконтроллера

Схема на рисунке 7.3 называется схемой с жесткой логикой. По сравнению со схемами на контроллерах у таких систем выше быстродействие, они не требуют написания программы, однако при реализации сложного алгоритма они существенно дороже и не позволяют легко перепрограммировать цикл работы.

Выполнение работы

1. Включить питание лабораторной установки.
2. Запустить тележку кнопкой SB2 и дождаться окончания цикла.
3. Запустить тележку кнопкой SB2 и в процессе работы остановить ее кнопкой SB1, после чего запустить ее кнопкой SB2 и дождаться окончания цикла.
4. Запустить тележку кнопкой SB2 и в процессе работы остановить ее кнопкой SB1, после чего запустить ее кнопкой SB3 и дождаться окончания цикла.
5. Выполнить задание на переход от контактной схемы управления к бесконтактной с жесткой логикой по варианту, заданному преподавателем.

Содержание отчета

1. Исходная и разработанная схемы управления.
2. Описание работы разработанной бесконтактной системы управления.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. В чем преимущества бесконтактных схем по сравнению с контактными?
2. Основные схемы реализации логических функций с помощью реле.
3. Изобразить циклограмму работы схемы управления тележкой (лабораторный макет).
4. Как реализовать схему управления электродвигателем от микроконтроллера?

Литература

Шаптала, А.Я., Старостин, И.А. Автоматическое управление процессами штамповки. – Л.: Машиностроение, 1975. – 256 с.

Лабораторная работа № 8

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ЮВЕЛИРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Цель работы: изучение средств автоматизации производственных процессов в ювелирном производстве на примере манипулятора для подшлифовки граней бриллиантов УП-63.

Оборудование и принадлежности к работе

Манипулятор УП-63	– 1 шт.
Приспособление ограночное	– 1 шт.

Основные положения

При осуществлении автоматизации технологических процессов ювелирного производства необходимо учитывать специфические особенности этой отрасли. К основным особенностям могут быть отнесены:

- широкая номенклатура применяемых материалов и изделий при малых сериях изготовления;
- малые габариты деталей;
- большое разнообразие форм деталей;
- многообразие процессов обработки и сборки при недостаточной унификации технологической оснастки;
- большое распространение оборудования общего назначения, которое имеет низкую степень автоматизации и др.

Экономическая целесообразность осуществления автоматизации зависит от следующих факторов:

- стоимость средств автоматизации;
- их амортизация;
- затраты на эксплуатацию;
- возможность организации многостаночной работы и др.

Важным фактором, определяющим выбор того или иного направления автоматизации, является характер производства (от единичного до крупносерийного).

Все эти условия и особенности требуют тщательного анализа возможных направлений и путей осуществления автоматизации технологических процессов. Например, можно автоматизировать отдельные приемы на универсальных станках, модернизировать оборудование на базе внедрения групповой технологии; внедрить на отдельных операциях устройства программного управления и т. д.

Большой эффект при автоматизации единичного и мелкосерийного производства, которое зачастую имеет место в ювелирном производстве можно получить при автоматизации сложных и трудоёмких операций: механической обработки, сборки, сварки, контроля, термической обработки и др. В качестве средств автоматизации здесь используются станки и установки с ПУ. Так целесообразно применять фрезерные станки с ЧПУ для обработки деталей сложной конфигурации при изготовлении инструмента

для обработки давлением (штампы).

Автоматизация техпроцессов нанесения защитно-декоративных покрытий и термической обработки развивается в направлениях [1]:

– автоматизация очистки поверхности (применяют ультразвуковые и гидроабразивные установки);

– автоматизация процесса обезжиривания (применяют установки тоннельного типа непрерывного действия, где обезжиривание движущихся по транспортеру изделий производится струйным методом с помощью щелочного раствора, причем продолжительность этого процесса сокращается в 15 – 20 раз по сравнению с обезжириванием в стационарных ваннах);

– автоматизация снятия окисной плёнки (детали, расположенные в сетчатых корзинах, подвешенных на транспортёре, движутся вдоль ванн, в которых они подвергаются травлению, промывке, осветлению и обдувке);

– автоматизация нанесения покрытий (загрузка деталей в ванну, движение из одной ванны в другую, выгрузка, управление от командоаппарата, подача растворов в ванны, поддержание заданных режимов; например, для гальванических покрытий мелких деталей применяют саморазгружающиеся барабанные ванны.

Автоматизация холодной штамповки [2].

Автоматизация холодной штамповки достигается применением устройств:

1) для подачи материала (полос, лент, проволоки) и штучных заготовок в штамповку;

2) для передачи заготовки с операции на операцию внутри штампа;

3) удаляющих;

4) стапелирующие;

5) транспортирующих;

6) блокирующих.

Автоматизация и механизация процессов штамповки имеет две цели: повышение производительности труда и обеспечение полной безопасности работы.

Наиболее часто следует механизировать подачу исходных заготовок и удаление деталей и отходов из зоны пресса.

При этом для непрерывных заготовок используют следующие устройства:

1) ориентирующие и питающие (направляющие линейки, штифты шпильки для листового материала; рулоноразматыватели для размотки ленты; многоволновые правильные устройства для выпрямления ленты, попутно снимаются заусенцы на торцах ленты; полосо- и листоукладчики, которые отделяют полосу или лист от общей стопы, поднимают отдельную заготовку на уровень подающего устройства и вводят её в зону действия подачи);

2) подающие устройства (они могут быть: волновыми, клещевыми, клиноролковыми, клиноножевыми, крючковыми; с приводом от пресса (от главного вала или ползуна) и индивидуальным – электрическим, гидравлическим, пневматическим, пневмогидравлическим).

3) устройства для удаления деталей и отходов с приводом от пресса или индивидуальной механической руки (сбрасывающие: пневмодуватели, различные пружинные и рычажные механизмы, механизмы с индивидуальным приводом, а также встраиваемые в штамп; выносящие: конвейеры, лотковые сбрасыватели,).

При штамповке штучных заготовок в структурную схему средств автоматизации могут входить:

а) бункерное загрузочное устройство;

б) лоток;

в) магазин;

г) питатель;

- д) механизм поштучной выдачи;
- е) обслуживающее и питающее устройство.

Для гибки проволоки вместо плоскогубцев и простых гибочных устройств и соответствующих оправок (например, при получении спиралей для звеньев), или с применением «ленивца», более производительным методом является её механическая гибка, например, на универсальном проволокогибочном автомате «Ubimat». Этот автомат отличает высокая производительность даже при изготовлении фасонных деталей.

Первоначально «Ubimat» был разработан для производства массовых деталей (скрепок, заколок для волос и т. п.). Существуют современные высокопроизводительные автоматы для изготовления цепочек довольно сложной формы. В этих автоматах последовательность отдельных операций регулируется только механически через дисковые кулачки и передаточный толкатель. Каждый кулачок регулирует только определённое движение, например, открытие, перемещение вперёд, закрытие, поворот, подъём, и спускание. За 1 час производится цепочка длиной 20 см. [3].

Автоматизация процесса изготовления ювелирных камней из стекла [4].

В зависимости от геометрической формы ювелирные камни изготавливают двумя методами: ручным и машинным. Ручным методом, как правило, обрабатывают камни сложной формы (рис. 8.1), имеющие малые партии, так как небольшой объем их производства не оправдывает расходов по механизации. К таким камням относят две группы: цельношлифованные – более дорогие и полушлифованные – более дешевые. У последних шлифуется только верхняя или нижняя площадка, а грани остаются в том виде, как они были получены горячим прессованием или вальцеванием стекла.

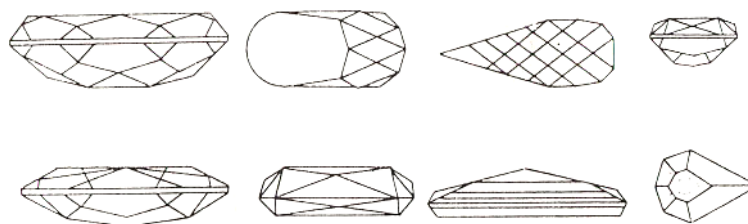


Рисунок 8.1 – Камни из стекла сложной формы

Для ручной огранки используются станки, аналогичные применяемым для индивидуальной огранки корунда, отличающиеся только шлифовальным и полировальным инструментами. При шлифовании применяется высокопроизводительный и стойкий алмазный инструмент, который дает меньший по сравнению с электрокорундом трещиноватый слой на обрабатываемой поверхности стекла, требующий меньшей полировки. Для полирования применяются оловянные планшайбы и пасты с окисью хрома. При машинном способе изготовления ювелирных камней применяются резиновые и пластмассовые полировальники, формованные абразивными материалами и периодически смазываемые крокусными эфиросмольными пастами.

Заготовки камней, полученные в основном вальцовкой размягченного стекла, в зависимости от размеров изделия имеют либо их приближенную форму (2 соединенных основаниями конуса), либо форму шариков. Первые используют для изготовления изделий размером более 5 мм, вторые – до 5 мм.

До операций механической обработки с заготовок счищают облой, для чего шарики галтуют; с внешними дефектами отбраковывают, а годные классифицируют по размеру рассеиванием на ситах. Производство камней круглой формы осуществляется в массовых партиях, поэтому все операции по их огранке выполняют на многокассетных полуавтоматах (рис. 8.2).

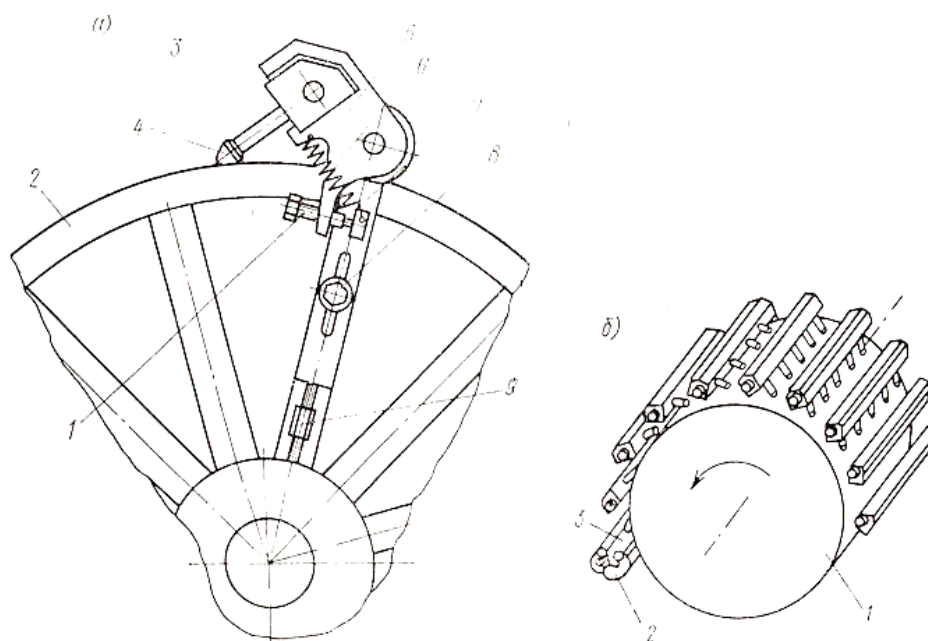


Рисунок 8.2 – Схема настройки многокассетного полуавтомата (а) и обрабатывающий инструмент с кассетами (б)

Принцип работы и настройка полуавтомата, который в зависимости от установленного на нем инструмента может быть использован как для шлифования, так и для полирования, показаны на рис. 8.2, а. Обрабатывающий инструмент 1 (рис. 8.2, б) имеет форму цилиндра. Параллельно его оси по образующей расположен ряд кассетодержателей 2, в которые устанавливают кассеты 3 с заготовками. Для настройки станка на определенный размер камня и угол наклона граней каждый кассетодержатель 5 (рис. 8.2, а) с двух сторон имеет подвижные опорные стойки 7 с винтами 9, позволяющими изменять расстояние от заготовки до инструмента, увеличивая или уменьшая этим размер изделия. Винт-ограничитель 1 кассетодержателя служит для установки кассет 3 под заданным углом к поверхности инструмента 2 и ограничивает съем материала с обрабатываемой грани заготовки 4. Настройку фиксируют стопорным винтом 8. Пружина 6 осуществляет постоянное давление заготовок на инструмент, величина которого устанавливается в зависимости от размера камня.

Для выполнения операций механической обработки вставок из стекла заготовки приклеивают к тычинкам кассет (рис. 8.3, а). Малые размеры изделий и значительные усилия, возникающие в процессе шлифования и особенно полирования, определяют необходимость применения клеящих веществ, обладающих высокой механической прочностью соединения стекла с металлом. Этому требованию удовлетворяет композиция, в состав которой входят 16% канифоли, 34% шеллака и 50% мела.

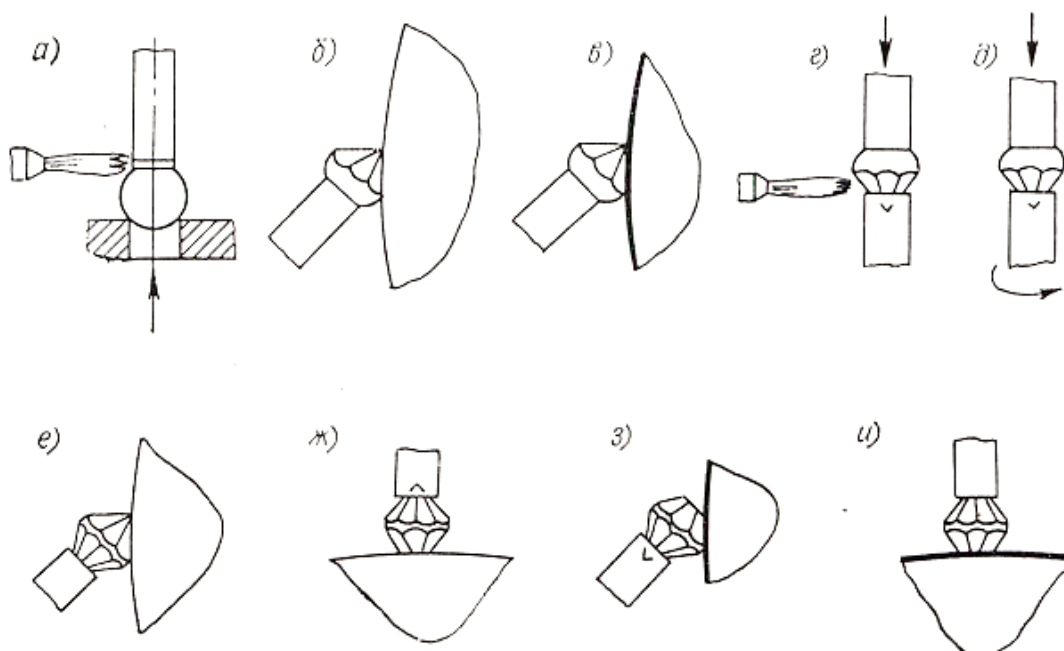


Рисунок 8.3 – Основные этапы обработки вставок из стекла

На первой операции обработки заготовок – нанесение системы граней, образующих павильон (рис. 8.3, б) – кассетодержатели с установленными на них кассетами опускают до соприкосновения заготовок с поверхностью инструмента и прижимают к нему усилием пружины. В процессе шлифования инструмент совершает осциллирующее перемещение вдоль оси с частотой 12 дв. х./мин и амплитудой 25 мм. Это движение устраняет направленность следов воздействия абразива на обрабатываемой поверхности и создает равномерный износ поверхности инструмента. По истечении времени, заложенного в кинематическую схему автоматического управления станком и определяемого величиной припуска, снимаемого с каждой грани, кассетодержатели поднимаются и отводят заготовки от инструмента. Происходит автоматический поворот тычинок на угол, соответствующий числу граней, и опусканием кассетодержателей до соприкосновения заготовок с инструментом. Начинается шлифование следующей грани. По окончании операции кассеты переставляют в соответствующие им гнезда кассетодержателей полировального станка (рис. 8.3, в). Операция полирования выполняется аналогично рассмотренной.

Для нанесения системы граней, образующих коронку камня, заготовки переклеивают на тычинки других кассет (рис. 8.3, г и д). Последовательно выполняемые операции шлифования и полирования этих граней (рис. 8.3, е и з) не отличаются от соответствующих операций обработки граней павильона. Площадку камней шлифуют и полируют на отдельных станках (рис. 8.3, ж и и), которые по своей конструкции аналогичны применяемым для обработки боковых граней. Шлифовальный станок рассчитан на одновременную установку трех, а полировальный – одиннадцати кассет. Этим завершается процесс огранки заготовок. Машинное время, затрачиваемое на всю механическую обработку девяти кассет, содержащих от 26 до 145 заготовок каждая (в зависимости от размеров изделий), составляет около 13 минут.

Качество камней из стекла в значительной мере зависит от технологии их изготовления. В условиях массового производства техпроцесс должен обладать стабильностью, обеспечивающей идентичность размеров и точность геометрии изделий, высокое качество полированных поверхностей и т. п. Однако при работе на многокассетных станках наблюдается некоторый разброс размеров изделий по диаметру рундиста, что требует дополнительного просеивания камней по размерам с точностью до 0,1 мм.

Основным приспособлением, применяемым при обработке заготовок на многокассетных станках, является кассета. В технологической линии, изготавливающей один размер камня, в работе постоянно находятся около 100 штук (партия) таких кассет для мелких камней и по 60 штук для крупных. Срок службы их при двусменной работе равен примерно 6 месяцев, после чего они заменяются новыми. Настройка углов огранки на станках производится с помощью приспособлений (шаблонов), имеющихся на каждый вид огранки в зависимости от диаметра инструмента.

Все станки, участвующие в процессе обработки скомпонованы в поточную линию. Производительность полировальных станков в два раза меньше производительности шлифовальных, поэтому для соблюдения непрерывности движения заготовок и их выхода с линии с заданным тактом на линии установлены по два полировальных станка.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой манипулятор для подшлифовки граней УП-63 производства СКТБ «Кристалл» (1982 г.) Предназначен для подшлифовки 8 граней низа бриллианта с помощью ограночных приспособлений М-77Н и РОП-75 на рабочем месте огранщика. Манипулятор имеет следующие технические характеристики.

1. Нагрузка на ограночное приспособление в зоне закрепления подшлифовываемого кристалла алмаза, кг	0...3
2. Величина перемещения опорной платформы манипулятора под ограночное приспособление с одной рабочей дорожки ограночного диска на другую, мм	45
3. Частота возвратно-поступательных движений подвижной каретки манипулятора, дв. х./ мин	10
4. Величина хода подвижной каретки манипулятора, мм	5
5. Габаритные размеры, длина x ширина x высота, мм, не более	420 x 300 x 250
6. Масса, кг, не более	15
7. Параметры питания,	220В/50Гц
8. Потребляемая мощность, Вт	60

Манипулятор состоит из следующих основных узлов:

- 1) механизм поворота с грани на грань с помощью ограночного приспособления с разворотом головки ограночного приспособления на 180°;
- 2) узел подъема и опускания ограночного приспособления с подшлифовываемым кристаллом на диск и задания нагрузки;
- 3) счетчик числа граней;
- 4) узел механизма осцилляции;
- 5) пульт управления и блок питания.

Механизм поворота представляет собой зубчатую передачу, в которой подвижные шестерни 1, 2, 3 (конструкция манипулятора показана на рис. 8.14 – 8.6) установлены на шкиве 57, который вращается вокруг неподвижной шестерни 4, закрепленной на рычаге 14. При вращении шкива 57 электродвигателем 5 через ременную передачу 6 подвижные шестерни 2 и 3 вместе со шкивом обкатываются по неподвижной шестерне 4 и одновременно вращаются вокруг собственных осей. Шестерня 2 через шестерню 1 связана с цангой 7, которая соединяется с ручкой микроподачи 8 ограночного приспособления. Цанга 7 может перемещаться вдоль оси рычагом 9 для одевания и снятия с ручки микроподачи ограночного приспособления. Передаточное отношение шестерен по-

добрено так, что при обкатывании подвижной шестерни 3 на 180° по неподвижной шестерне 4 узел подачи ограночного приспособления повернет подшлифовываемый полуфабрикат кристалла алмаза в головке приспособления на 45° . Одновременно производится разворот ограночного приспособления на 180° посредством вилки 10, соединенной со шкивом 57. После разворота шкива вместе с шестерней 1 на 180° срабатывает микропереключатель 11, и электродвигатель 5 останавливается. Электродвигатель закреплен на кронштейне 12, который установлен на оси 13. Натяжение ремня 6 осуществляется винтом 58. Рычаг 59 вращается на оси 15, закрепленной на платформе 16 и постоянно поднимается вверх пружиной кручения 17 до упора 18. Этим рычагом осуществляется подъем вверх ограночного приспособления после подшлифовки граней.

Узел задания нагрузки состоит из электромагнита 19, который крепится к платформе 16, пружины задания нагрузки 20, усилие которой регулируется гайкой 21 по шкале, и рычага задания нагрузки 22, который вращается на оси 23, установленной на стойке 24, закрепленной на платформе 16. Для задания нагрузки с электромагнита снимается напряжение, и пружина 20 нажимает на один конец рычага, который, поворачиваясь вокруг оси, другим концом через ролик 25 нажимает на ручку ограночного приспособления и тем самым создает необходимую нагрузку на подшлифовываемый кристалл алмаза. Для плавного опускания подшлифовываемого кристалла на ограночный диск имеется гидравлический демпфер 26, который нижней частью соединен с концом рычага 22, а верхней частью неподвижно закреплен на кронштейне 27.

После подшлифовки грани кристалла алмаза до заданного значения в схему управления поступает сигнал, и электромагнит втягивает якорь 28. Якорь сжимает пружину 20, и тем самым с рычага снимается нагрузка. Ограночное приспособление поднимается вверх от ограночного диска пружиной 17, рычагом 59 посредством вилки 10.

Для отвода в сторону от ограночного приспособления рычаг 22 установлен на оси. Рычаг отводится в сторону пружиной и фиксируется шариком.

Механический счетчик числа граней отключает всю систему после подшлифовки 8 граней. Счетчик состоит из цевочного колеса 29, имеющего 9 цевок. Колесо вращается на оси 30, закрепленной на кронштейне 31. С цевочным колесом периодически входят в зацепление рычаги 32 посредством собачки 33, которая поджимается пружиной. Рычаги вращаются на осях 36, закрепленных на стойке 37 и соединены с якорем электромагнита. Стойка 37 закреплена на кронштейне 31. При ходе якоря электромагнита вверх собачка входит в зацепление с цевочным колесом и поворачивает его на один зуб (цевку). Цевочное колесо фиксируется пластинчатой пружиной 55. Таким образом, после подшлифовки одной грани цевочное колесо поворачивается на один зуб. После подшлифовки 8 граней цевочное колесо сделает полный оборот и кулачком 39 нажмет на кнопку микропереключателя 40, тем самым останавливая всю систему с поднятым ограночным приспособлением в верхнем положении. Для установки в исходное (нулевое) положение имеется ручка 41, которая посажена на ось 30, и шкала, по которой видно, какая грань обрабатывается. На пульте 42 имеются тумблер СЕТЬ поз. 43 для включения питания манипулятора, тумблер ОСЦИЛЛЯЦИЯ поз. 44 для включения узла осцилляции, кнопка ПУСК поз. 45 для включения манипулятора в рабочее положение и контрольная лампочка 46, сигнализирующая о наличии электрического напряжения.

Узел задания нагрузки с демпфером, механический счетчик с электромагнитом закрываются кожухом 47 с крышкой 48 для доступа к гайке регулировки усилия пружины и электрическим разъемом 49 на задней стенке.

В стойке закреплен подпружиненный электрический контакт 50, который предназначен для создания электрической цепи с ручкой ограночного приспособления, изолированного от массы. В платформе 16 имеется 2 паза, в которые ножками ставится ограночное приспособление. Эти пазы удерживают ручку приспособления от поворота в

горизонтальной плоскости при развороте головки приспособления на 180° и фиксируют ограночное приспособление в заданном положении. Платформа может перемещаться в горизонтальной плоскости с дорожки на дорожку ограночного диска и затем стопорится винтом 52. Платформа 16 соединена с узлом осцилляции и перемещается на шариковых направляющих 53. Зазор в направляющих регулируется винтами путем перемещения наружной направляющей. Возвратно-поступательные движения платформы 16 производятся электродвигателем 51 посредством эксцентрика. В обратном направлении платформа 16 перемещается пружиной. Электродвигатель закреплен на платформе 16.

Электрическая схема (рисунок 8.7) работает следующим образом. Питание на манипулятор подается включением тумблера S1 СЕТЬ, на пульте управления загорается сигнальная лампочка Н1. При этом через нормально замкнутый в исходном состоянии микропереключатель механического счетчика S4 и нормально замкнутый контакт реле К2.1 срабатывает реле К1, которое через контакт К1.1 включает электромагнит Y1. Микропереключатель S5 в исходном положении не нажат. После установки ограночного приспособления с подшлифовываемым кристаллом, изолированного от станка, и включения электродвигателя осцилляции M2 тумблером S2 ОСЦ, манипулятор включается в автоматический режим нажатием кнопки S3 ПУСК. При этом срабатывает реле К2, самоблокируется контактом К2.1 и отключает реле К1, которое выключает электромагнит Y1. При опускании приспособления с кристаллом переводится механический счетчик, микропереключатель которого S4 размыкает цепь реле К2, отключая его. Идет подшлифовка первой грани кристалла. При возникновении электрического контакта между цангой, в которой зажат обрабатываемый кристалл, и ограночным диском через управляющий электрод тиристора V9 протекает ток, и он открывается. При этом через микропереключатель S5 срабатывает реле К3, включающее электромагнит Y1 и электродвигатель M1. При вращении электродвигателя микропереключатель переключается, блокирует реле К3 и выключает тиристор V9. После перевода с грани на грань микропереключатель переключается в исходное положение и отключает реле К3. При опускании приспособления с кристаллом переводится механический счетчик, идет подшлифовка следующей грани. Далее процесс подшлифовки повторяется. После подшлифовки 8-й грани и перевода электродвигателем M1 приспособления и кристалла в исходное положение при опускании приспособления счетчик переводится в исходное положение, замыкается микропереключатель счетчика S4. Срабатывает реле К1, включающее электромагнит. Приспособление с кристаллом возвращается в исходное положение и остается в нем.

Выполнение работы

1. Ознакомиться с конструкцией манипулятора и электрической схемой управления по рисункам и лабораторной установке.
2. Установить на манипулятор ограночное приспособление. Завести рычаг задания нагрузки на ручку ограночного приспособления.
3. Поставить указатель счетчика в положение «0» и включить тумблер СЕТЬ.
4. Включить тумблер ОСЦИЛЛЯЦИЯ и нажать кнопку ПУСК.
5. Наблюдать за работой манипулятора до перехода на следующую грань. Измерить продолжительность подшлифовки одной грани. После этого выключить тумблеры ОСЦИЛЛЯЦИЯ и СЕТЬ.
6. Составить циклограмму работы манипулятора.

Содержание отчета

1. Циклограмма работы манипулятора.

2. Описание алгоритма работы манипулятора в соответствии с циклограммой.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Какие специфические особенности ювелирной отрасли необходимо учитывать, при автоматизации технологических процессов ювелирного производства?
2. Какие устройства применяются в ювелирном производстве при автоматизации холодной штамповки металла.
3. Устройство и принцип действия многокассетных полуавтоматов для шлифовки и полировки камней круглой формы из стекла.
4. Назовите основные этапы обработок вставок из стекла.
5. Принцип действия манипулятора УП-63 для подшлифовки граней.

Литература

1. Гаврилов А.Н., Ковалев П.И., Ушаков Н.Н. Автоматизация производственных процессов в приборо- и агрегатостроении. – М.: Высшая школа, 1968. – 416 с.
2. Попов Е.А., Ковалев Е.Г., Шубин И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 480 с.
3. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела. – С-Пб.: Соло, 2000. – 528 с.
4. Селиванкин С.А., Власов И.И., Никитин М.К. Технология ювелирного производства. – Л.: Машиностроение, 1978. – 320 с.

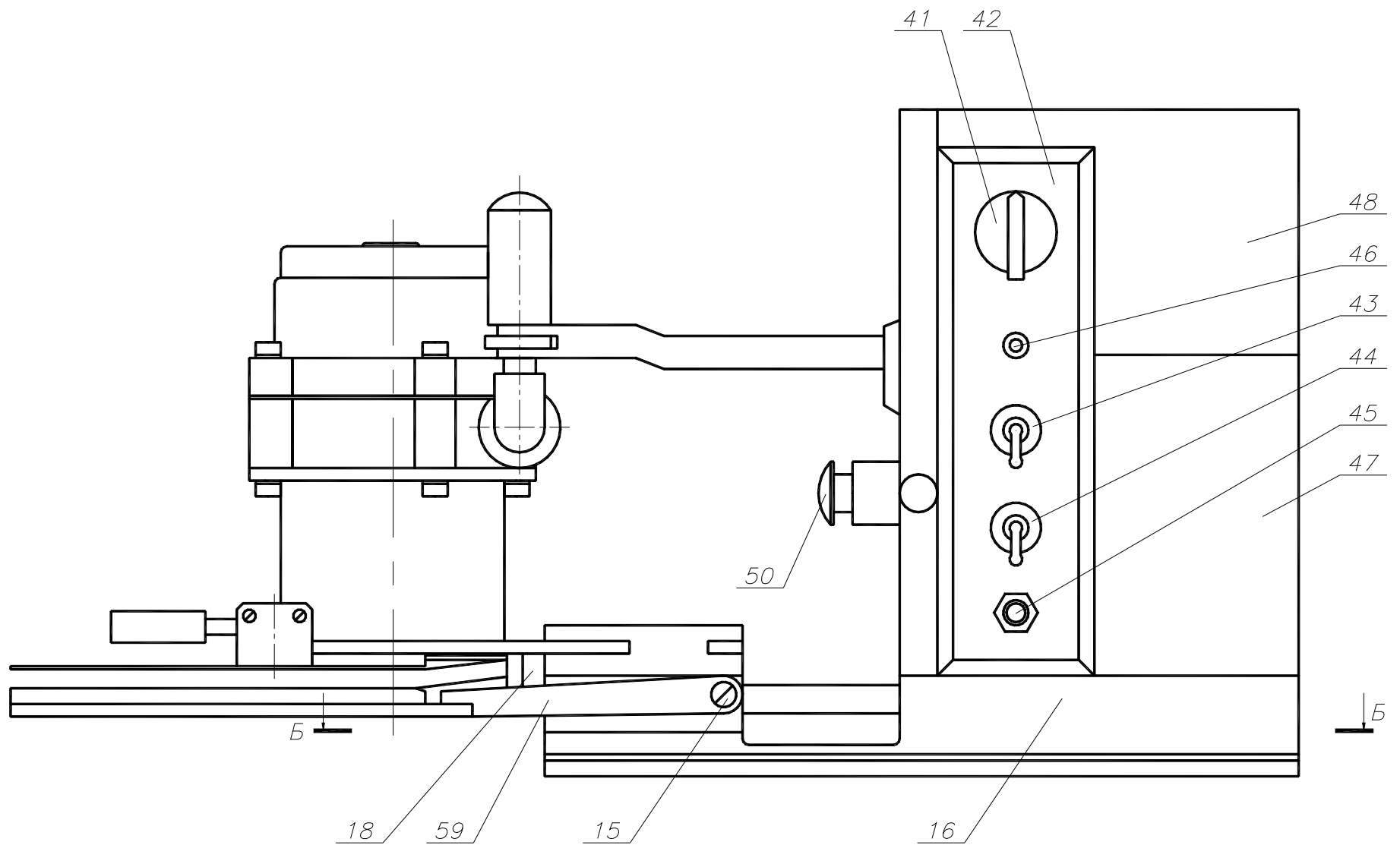


Рисунок 8.4 – Манипулятор УП-63

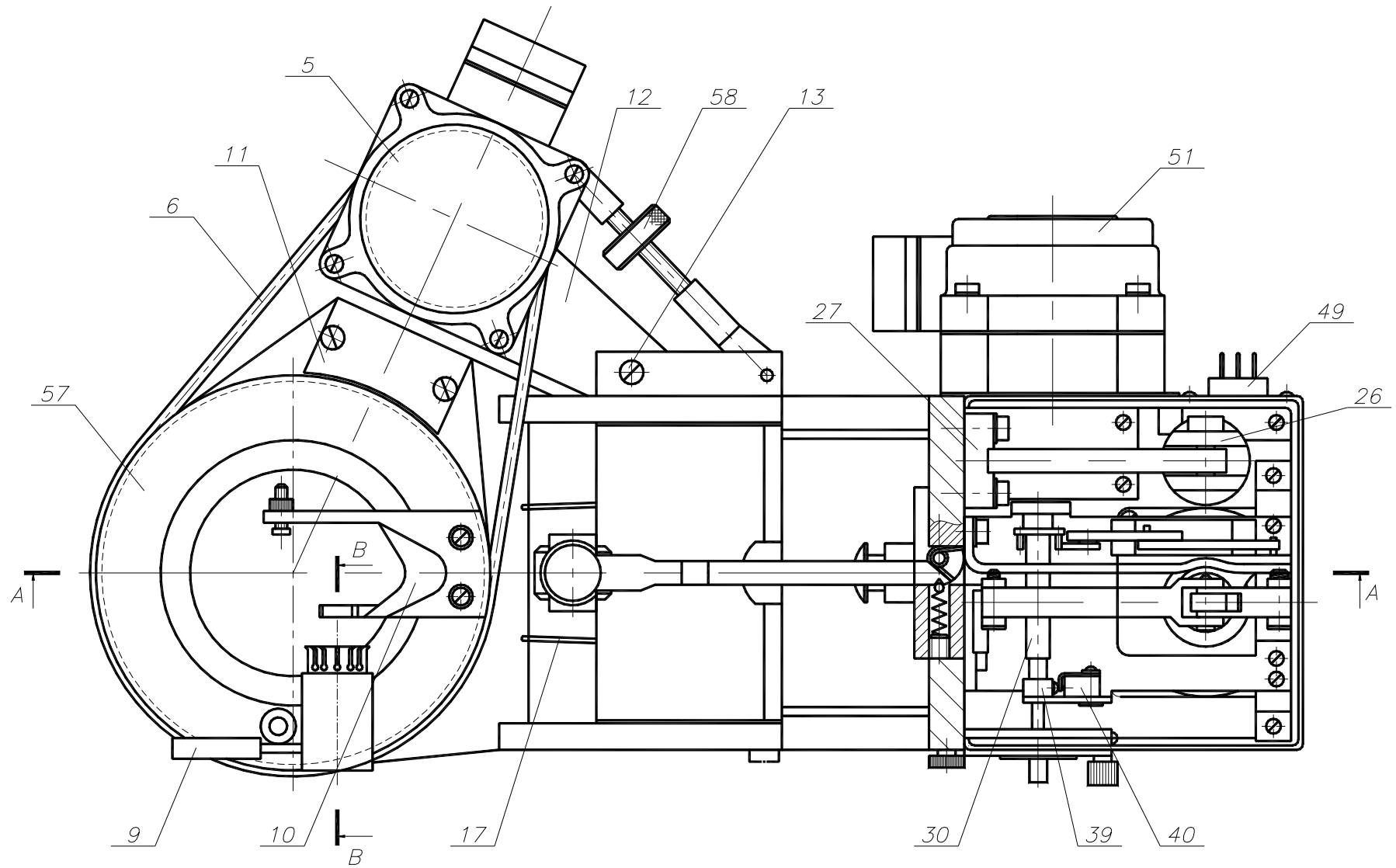


Рисунок 8.5 – Манипулятор УП-63 (вид сверху)

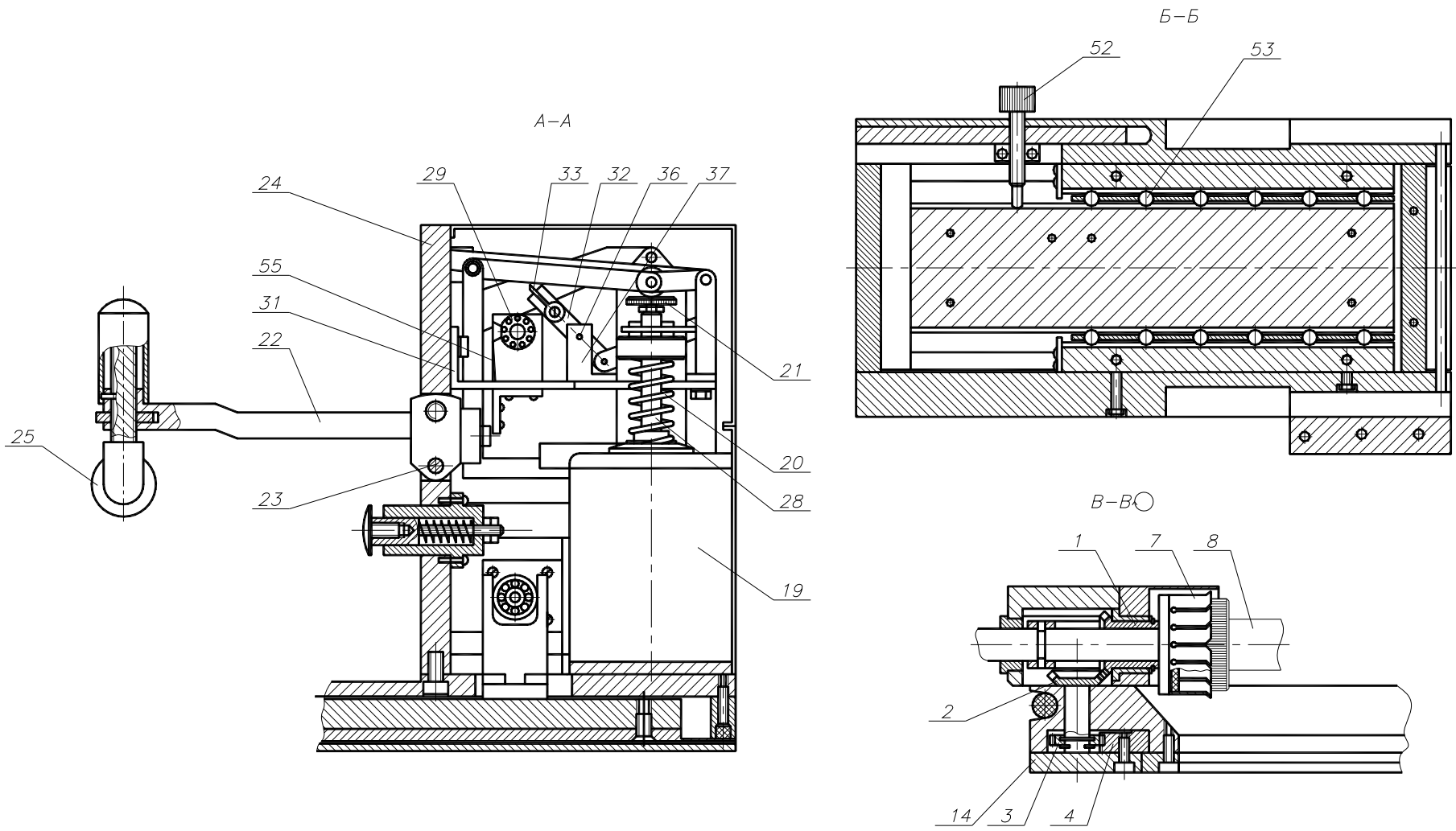


Рисунок 8.6 – Манипулятор УП-63 (разрезы)

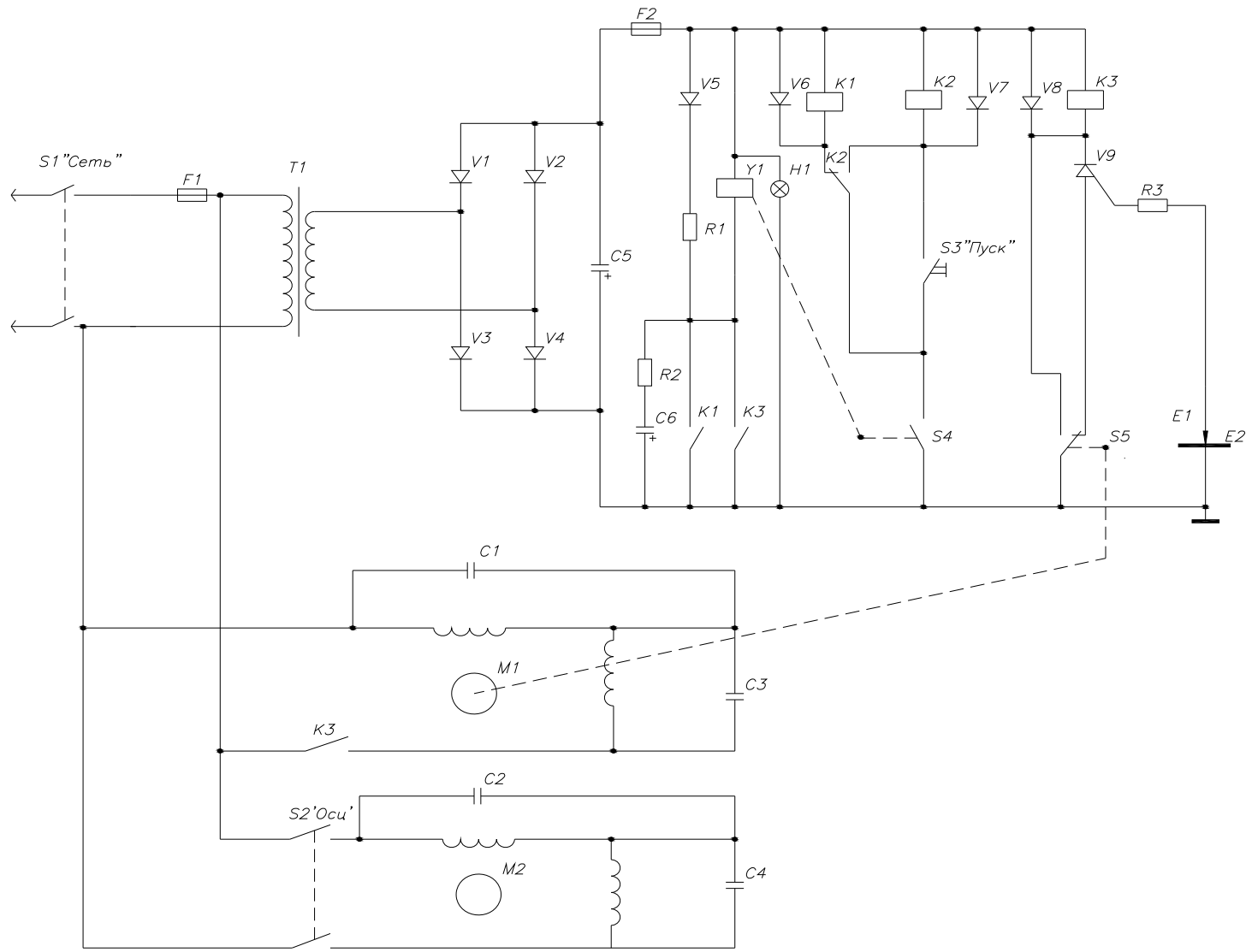


Рисунок 8.7 – Манипулятор УП-63 (схема электрическая)

СОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ

Цель работы: приобретение практических навыков проектирования структуры автоматизированных систем контроля параметров производственных процессов.

Основные положения

Автоматизация в широком смысле этого понятия означает внедрение искусственных средств, обеспечивающих автоматическое протекание процесса. Результатом этого является создание автомата, то есть системы, самостоятельно выполняющей определенную программу. В соответствии с программой автомат принимает решения, учитывая зависимости между входными данными и мгновенным состоянием системы, и выдает реализующие эти решения данные. В повседневной практике под автоматизацией также понимают и механизацию – замену ручных операций действием механизмов. Механизация плохо соответствует данному выше определению, но было бы справедливо считать ее начальным этапом автоматизации.

Автоматизация преследует различные цели, важнейшими из которых являются:

- 1) экономические (недостаток рабочей силы, неполная загрузка одного конкретного рабочего в связи с эпизодическим, кратковременным участием в процессе);
- 2) технические (невозможность участия человека в процессе измерения, сокращение времени измерения, увеличения производительности, перегрузка персонала сложными операциями);
- 3) общие (повышение качества измерений путем автоматического распознавания и уменьшения погрешностей).

Процесс измерения можно представить в виде схемы (рис. 9.1) [1], на которой также представлены основные возможные этапы автоматизации этого процесса, начиная от выполнения всех операций вручную до полной автоматизации, предусматривающей передачу сложных логических операций машине. Рассмотрим отдельные структурные элементы этой схемы.

Основным элементом схемы является этап собственно измерения, то есть получение выходного сигнала, находящегося в функциональной зависимости от измеряемой величины и удобного для дальнейшей обработки. Автоматизация этапа измерения требует обеспечить автоматическое выполнение некоторых операций: переключения диапазона измерения, проверки и корректировки нуля, компенсации (при компенсационных измерениях), учет влияния старения элементов измерительной схемы, перенастройку параметров при проведении серии измерений, выбор оптимальных параметров измерений в зависимости от характера измеряемой величины, а также других необходимых операций. Как правило, автоматизация этапа измерения является наиболее трудоемкой по сравнению с автоматизацией других элементов процесса.

Слева от этапа измерения на рисунке 9.1 располагаются этапы, связанные с подготовкой объекта к измерению и характеризующиеся наличием материального потока. Это этапы отбора и приготовления проб. Названия этих этапов ассоциируются, в первую очередь, с анализом различных веществ, однако их следует понимать в более широком смысле. Под отбором и приготовлением проб в данном случае подразумеваются подготовительные операции, без которых проведение измерения невозможно или затруднительно. Например, при измерении температуры контактным способом следует ввести датчик температуры в контакт с исследуемым органом пациента. Проблема автоматизации таких операций отсутствует, если измерительный прибор или датчик находится в непосредственном контакте с неподвижным измеряемым объектом. Это же

относится к бесконтактным методам измерения без потока материала (например, измерение температуры при помощи тепловизора). В других случаях проблема автоматизации может решаться механизацией трудоемких операций (механизированное перемещение массивных элементов, возможно по заданной программе). Самое большое количество трудностей возникает при автоматизации биохимического анализа различных веществ, особенно жидких. При этом требуется обеспечить автоматическое дозирование пробы, размешивание, растворение с различными реагентами, фильтрацию, сушку, транспортирование и большое количество других операций, в зависимости от характера пробы и измеряемых параметров.

Этапы, расположенные на рисунке 9.1 справа от этапа измерения связаны с преобразованием измерительного сигнала в нужную форму и характеризуются наличием информационного потока. В этой области достигнуты значительные успехи, особенно с появлением дешевых микропроцессорных систем. С помощью электроники сравнительно легко обеспечивается замена визуального считывания и ручной записи данных автоматическими регистраторами, коррекция сигнала, вычисления и многие другие операции.

На схеме прохождение сигнала разбито на три этапа. Уплотнение применяется при передаче по информационным каналам большого количества данных для повышения скорости, а также при хранении больших объемов в памяти. При этом применяются такие способы, как временное и частотное разделение каналов, мультиплексирование, сжатие информации аналоговыми и цифровыми (программно с помощью ЭВМ) способами.

Обработка данных связана с преобразованием измерительного сигнала в вид, удобный для вывода, и включает такие операции, как фильтрация, усиление, аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование, вычисления различных параметров, различные виды анализа (в том числе и статистический). При автоматизации обработки данных очень широко применяются микропроцессорные системы и ЭВМ, обладающие огромными возможностями.

Представление результата измерения может производиться как в виде вывода на дисплей, печатающее, самопишущее или другое регистрирующее устройство, так и в виде различных управляющих сигналов, в форме записи на различные носители (магнитные диски, ленты, компакт-диски и т. д.) для дальнейшего использования. Все эти операции легко автоматизируются при использовании микропроцессорных систем и ЭВМ.

По вертикали на рисунке 9.1 расположены основные этапы автоматизации. Разделение на этапы определяется, с одной стороны, степенью сложности задачи, с другой – различием применяемых для ее решения средств автоматизации.

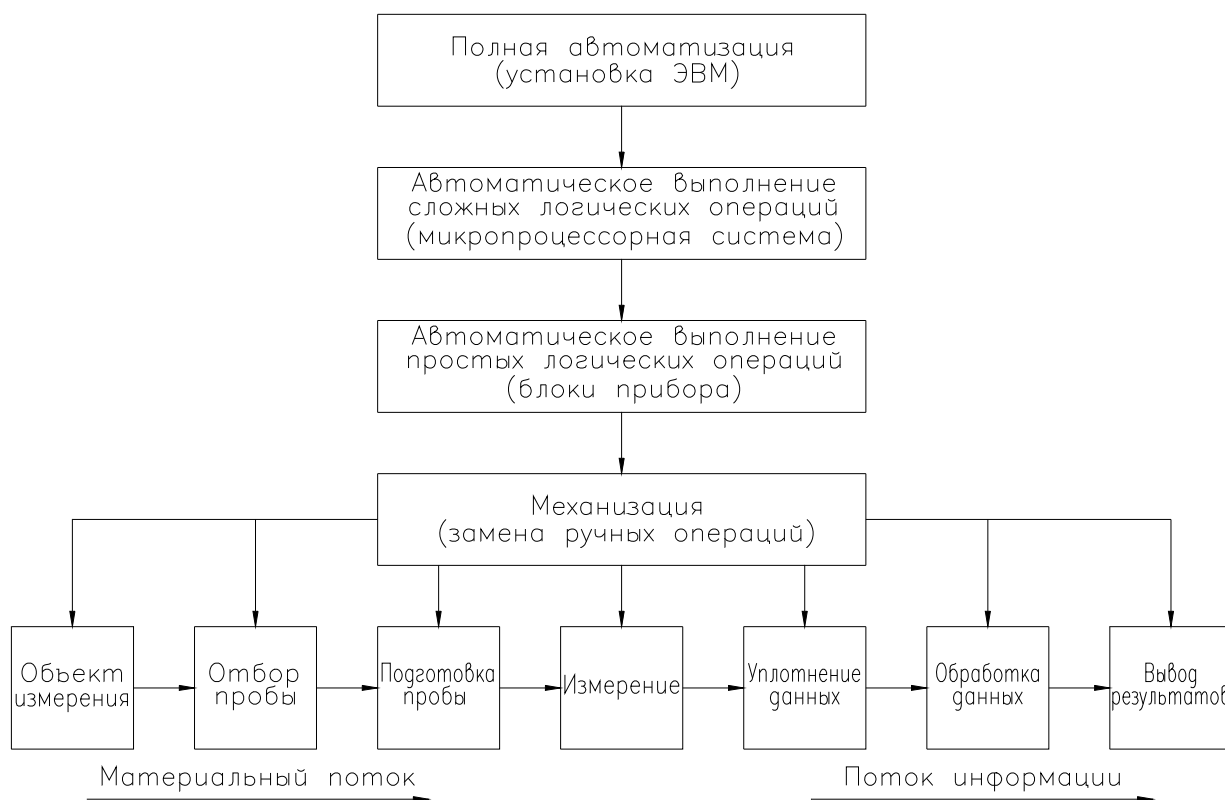


Рисунок 9.1 – Схема процесса измерения и этапы автоматизации

Простейшим этапом является механизация, то есть замена ручных операций действием механизмов. Эта форма автоматизации является наиболее распространенной в настоящее время. Часто при механизации сохраняют те же операции, которые производятся вручную, но их выполнение осуществляется механическими и электрическими устройствами. Такая методика облегчает эксплуатационную проверку вследствие возможности обращения к аналогиям, но иногда она требует весьма сложных и потому малонадежных конструкций. В этих случаях приходится искать принципиально новые методы достижения результата.

Кроме выполнения механических ручных операций часто требуется принятие логических решений. Чаще всего это относится к коррекции при влиянии внешних условий, нормированию или оценке выходного сигнала. При этом в прибор вводятся специальные устройства, например, биметаллический компенсатор изменения температуры, следящие системы для поддержания параметров прибора на заданном уровне, аналоговые вычислительные устройства для выбора одного из альтернативных решений, устройства самоконтроля и самокорректировки. При введении таких устройств для персонала упрощается работа с прибором, снижается возможность ошибок, но при этом снижается универсальность прибора.

Избежать снижения универсальности прибора, а также повысить сложность решаемых логических задач позволяет применение микропроцессорных систем. В данном случае становится возможным распознавание и корректировка погрешностей измерения, нарушений в работе прибора, различного рода вычисления и специфические цифровые методы обработки сигнала. При использовании ЭВМ возможности устройств еще более расширяются. Становится возможным создание самообучающихся и адаптивных систем, систем на основе "искусственного интеллекта", которые самостоятельно находят пути оптимального решения измерительных задач. ЭВМ, особенно при эксплуатации в локальных и глобальных сетях, позволяют легко решать вопросы накопления и обработки информации.

Рассмотрим основные пути создания автоматизированных систем контроля производственных процессов на примере контроля диаметра и отклонения формы детали

после шлифования. В процессе контроля требуется измерить диаметр детали в различных сечениях и проверить, находятся ли размеры в пределах заданных полей допусков диаметра и формы. В недалеком прошлом для подобных целей очень широко использовались электроконтактные головки, в которых операция измерения не производилась. Головки предварительно настраивались на контролируемый размер, и результат контроля формировался на «светофорном» индикаторе, сигнальные лампы которого соответствовали одному из возможных случаев: деталь годна, размер больше заданного, размер меньше заданного. Однако в настоящее время происходит некоторое смешение понятий «измерение» и «контроль». Это выражается в том, что автоматизированная система контроля выполняет ряд измерений детали, а затем по полученным результатам формирует результат контроля в «светофорной» или более сложной форме. Одновременно создается протокол измерений с числовыми значениями измеряемых величин.

Составим структурную схему процесса измерения диаметра и отклонений формы детали. Объектом измерения в данном случае служит деталь. К этапам отбора и подготовки пробы следует отнести базирование детали и подвод измерительного устройства (например, индикаторной головки). Этап измерения заключается в преобразовании измеряемой величины в перемещение стрелки индикаторной головки. Деталь при этом вращается, а головка перемещается вдоль ее оси для измерения диаметра в нескольких сечениях. Результат измерения представляется в аналоговой форме с помощью круговой шкалы. Структурная схема процесса измерения приведена на рисунке 9.2.

Автоматизацию измерительного устройства будем проводить поэтапно, начиная с этапа механизации. К ручным операциям можно отнести:

- на этапе подготовки – установка и базирование детали на измерительной позиции, подвод и установка нуля измерительной головки;

- на этапе измерения – вращение детали и перемещение измерительной головки;

- на этапе обработки сигнала – считывание значений давления с аналоговой шкалы и вычисление результатов.

Установку детали на измерительную позицию легко автоматизировать с помощью различных загрузочных и ориентирующих устройств. При этом правильность установки можно отследить с помощью требуемого количества датчиков положения детали. Различные движения детали легко механизуются с помощью соответствующих приводов. При наличии измерительной головки с электрическим выходным сигналом аналоговую шкалу устройства можно заменить цифровой. Полученная структурная схема механизированного измерительного устройства приведена на рисунке 9.3.

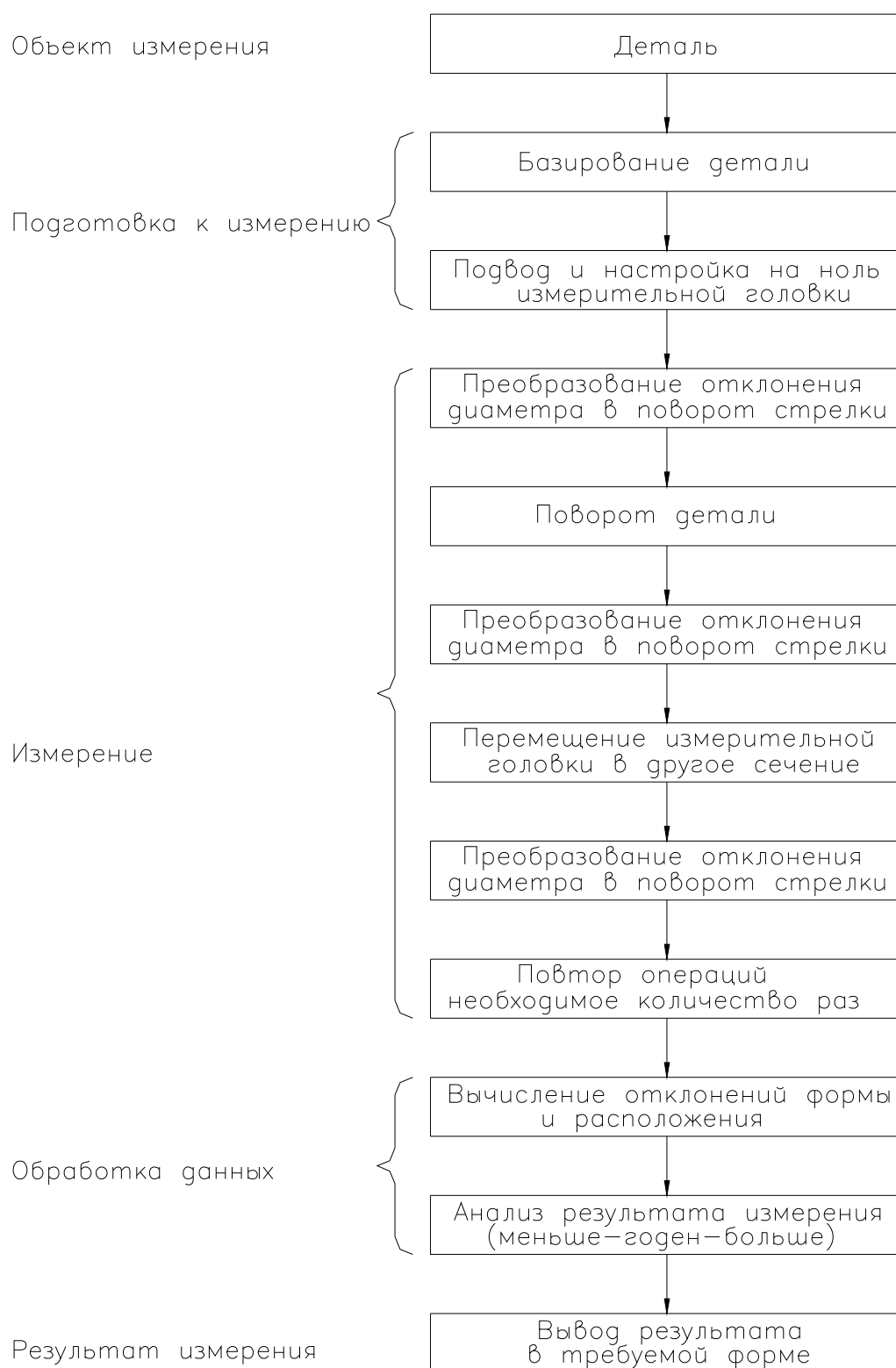


Рисунок 9.2 – Схема процесса измерения

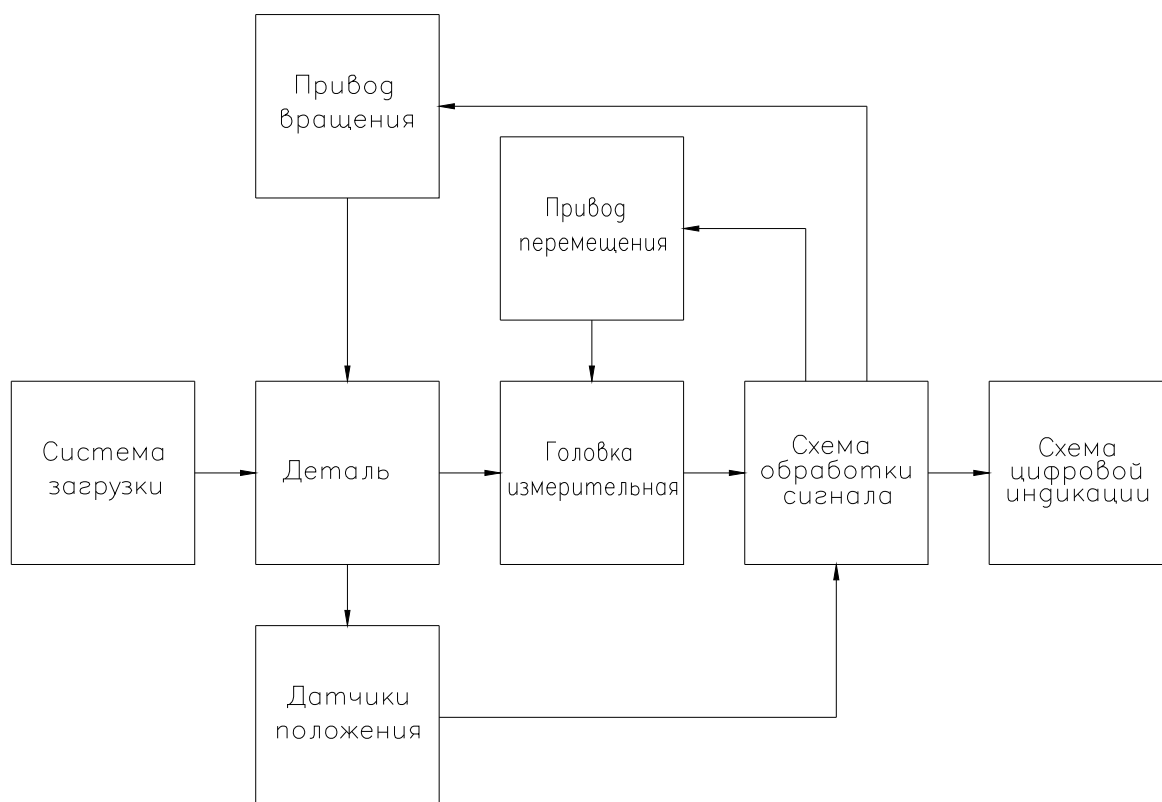


Рисунок 9.3 – Схема механизированного измерительного устройства

Следующий этап автоматизации – замена простых логических операций. К таким можно отнести вычисление отклонений формы детали и формирование результатов контроля. Эти операции в соответствии с рисунком 9.1 могут выполняться электронными блоками (схемами с жесткой логикой), однако в данном случае целесообразно сразу перейти к следующему этапу путем создания системы на основе микроконтроллера. При сопряжении такой системы с ЭВМ возможно получение протокола измерений в электронной форме или в виде твердой копии, передача данных по сети и т. д. Структурная схема такого устройства приведена на рисунке 9.4.

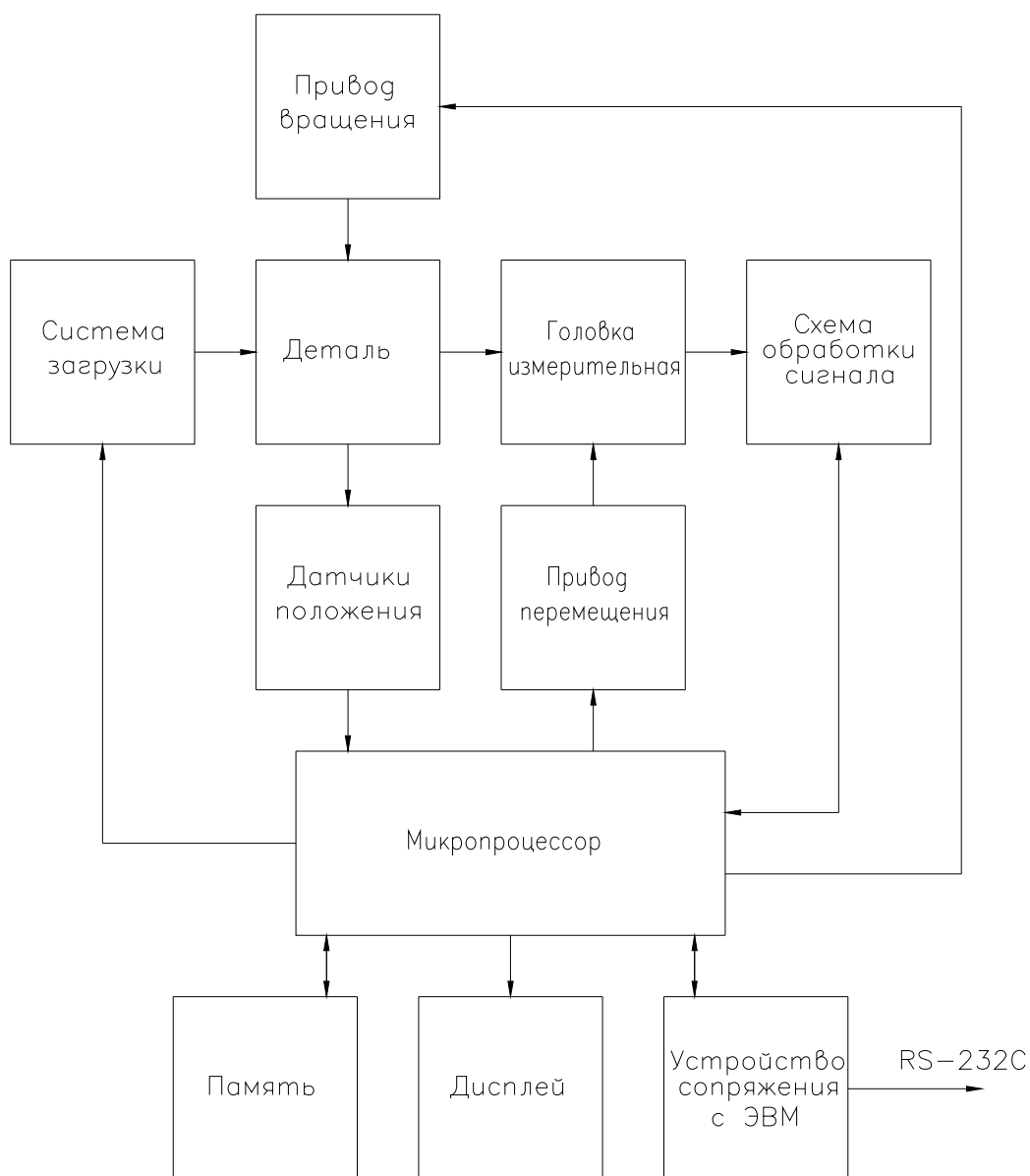


Рисунок 9.4 – Схема микропроцессорного измерительного устройства

Выполнение работы

1. Для задания по указанному преподавателем варианту составить структурную схему процесса измерения и структурную схему измерительного устройства.
2. Выделить операции, автоматизируемые на каждом из этапов и способы их автоматизации.
3. Составить структурную схему устройства на конечном этапе автоматизации.

Содержание отчета

1. Структурная схема процесса измерения.
2. Исходная структурная схема измерительного устройства.
3. Перечень операций, автоматизируемых на каждом из этапов и способы их автоматизации.
4. Структурная схема устройства на конечном этапе автоматизации.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Основные этапы процесса измерения и их характеристика.
2. Основные этапы автоматизации и их характеристика.
3. Приведите примеры «ручных» операций и способов их механизации.
4. Приведите примеры логических операций, выполняемых в процессе измерения.

Литература

Измерения в промышленности. Справ. изд. в 3-х кн. Кн.3. Способы измерения и аппаратура. Пер.с нем./Под ред.Профоса П.М.: Металлургия, 1990 г.