

Министерство высшего и среднего специального образования
Республики Узбекистан

ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари»

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

С.А. Арустамян

АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИ РЕМОНТЕ ЛОКОМОТИВОВ

Учебное пособие

Часть I

(Элементы автоматики и системы автоматизации)

Рекомендовано к изданию
Координационным Советом межвузовских научно-методических
объединений МВ и ССО Республики Узбекистан
в качестве учебного пособия

Ташкент – 2007

УДК.629.488.65.011.54/56

Рецензенты: Абляимов О.С. – кандидат технических наук,
доцент кафедры «Локомотивы» ТашИИТа.
Халиков К.У. – главный инженер УП «Узжелдор-реммаш»

Приведены основные элементы автоматики, используемые при автоматизации производственных процессов. Рассмотрены устройства гидро и пневмоавтоматики.

Приведено описание автоматических загрузочных устройств, систем управления и контроля станков и технологических агрегатов дискретного производства.

Предназначена в качестве учебного пособия для студентов – бакалавров локомотивной специальности, а также может быть использовано работниками, связанными с ремонтом и эксплуатацией локомотивов.

С.А. Арустамян Автоматизация и механизация при ремонте локомотивов.

Учебное пособие, часть I . 2007, - 168 с.

© Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, 2007

Введение

Эффективность работы локомотиворемонтного предприятия (завода, депо) связана, главным образом, с уровнем механизации и автоматизации производственных процессов. В современных условиях, в отличие от прошлых лет, средства механизации и автоматизации, как ремонтных операций, так и при изготовлении запасных частей создаются на местах. В связи с этим подготовка специалистов, способных успешно решать практические задачи механизации и автоматизации производства приобретает актуальное значение.

Предлагаемая книга - учебное пособие «Автоматизация и механизация при ремонте локомотивов» состоит из двух частей.

В первой части – «Элементы автоматики и системы автоматизации» изложены технические средства и основные пути автоматизации дискретного производства; во второй части – «Автоматизация производственных процессов ремонта и эксплуатации локомотивов» рассмотрены вопросы автоматизации экипировочных процессов локомотивов, приведено описание поточно – механизированных линий ремонта тепловозов и крупных его узлов, изложены методика автоматизации устройств и технологических агрегатов.

Рассмотрены механизированные и автоматизированные устройства мойки и окраски локомотивов, а также станочных работ. Данное учебное пособие предназначено для студентов – бакалавров локомотивной специальности, а также может быть использовано работниками, связанными с ремонтом и эксплуатацией локомотивов.

Часть первая

ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Глава 1

Основные понятия и определения

Роль и назначение автоматики. Автоматизация производства является высшей формой развития машинного производства. Наряду с автоматизацией важную роль играет комплексная механизация производственных процессов при ремонте и эксплуатации подвижного состава.

Изучаемый курс позволит получить некоторое представление о теории и практике основных устройств автоматики.

Автоматика - отрасль науки и техники, охватывающая теорию и принципы построения систем управления технологическими процессами, действующих без непосредственного участия человека. В настоящее время нет такой отрасли техники, где не применяется автоматика. Необычайно велико значение автоматизации и для обороны нашего государства.

Укажем на некоторые преимущества автоматизации:

1. **Объективность контроля процесса**, т.е. высокая точность его осуществления. В промышленности это свойство позволяет повысить качество продукции;
2. **Возможность повышения скорости** осуществления процесса;
3. **Возможность управления процессами**, требующими затраты значительной мощности;
4. **Возможность централизации управления** несколькими процессами в одном пункте;
5. **Возможность автоматической сигнализации и записи хода осуществляемого процесса.**

В автоматизации значительное место занимает применение электрической энергии. Поэтому в настоящее время большинство автоматических устройств являются электрическими устройствами или устройствами, имеющими в качестве основных электрические и электромеханические элементы.

Применение электричества в автоматических устройствах позволяет осуществить:

1. **Стандартизацию элементов** для измерения самых

разнообразных физических величин;

2. **Передачу электрического сигнала** на значительное расстояние;

3. **Преобразование электрического сигнала** из одного вида в другой и усиление его для получения значительных мощностей;

4. **Повышение чувствительности, точности и быстродействия** автоматических устройств;

5. **Уменьшение габаритов и массы автоматических устройств.**

В автоматизации производственных процессов большую роль играет гидроавтоматика и пневмоавтоматика.

Структура автоматических устройств

Автоматические устройства подразделяются на 5 основных типов:

1. **Устройства автоматического контроля** за протеканием некоторого физического процесса;

2. **Счетно-решающие устройства**, предназначенные для выполнения математических операций с несколькими величинами, характеризующими один или несколько процессов;

3. **Устройства автоматического управления**, предназначенные для изменения управляемого процесса в соответствии с изменением некоторой физической величины;

4. **Устройства автоматического регулирования**, предназначенные для изменения управляемого процесса по строго определенному закону (так называемые автоматические программные регуляторы) или для содержания постоянным определенного параметра этого процесса (например, автоматический регулятор температуры помещения);

5. **Устройства телеуправления**, предназначенные для дистанционного управления несколькими различными процессами.

Телемеханика - отрасль науки, занимающаяся изучением теории и принципов телеуправления и телеконтроля на расстоянии.

В автоматизации производственных процессов на заводах и предприятиях по ремонту наземных транспортных систем наибольшее применение находят следующие виды автоматизации:

1. **Автоматический контроль и автоматическая защита;**

2. **Автоматическое управление технологическими процессами;**

3. **Автоматическое регулирование.**

Автоматический контроль разнообразных величин (например, размера, скорости, температуры, давления, расхода, уровня,

электрического тока, напряжения и др. величин) тесно связан с измерением этих величин. Контроль в технике представляет собой совокупность функций наблюдения за ходом какого-либо процесса. **Если функции наблюдения за процессом осуществляются без участия человека (частично или полностью), то такой контроль будет автоматическим.**

Современный автоматический контроль может осуществляться устройством, но чаще - совокупностью устройств. Совокупность устройств, посредством которых решается какая-либо конкретная задача автоматического контроля, называется системой автоматического контроля.

Рассмотрим функциональную схему системы автоматического контроля (см. рис.1.1).

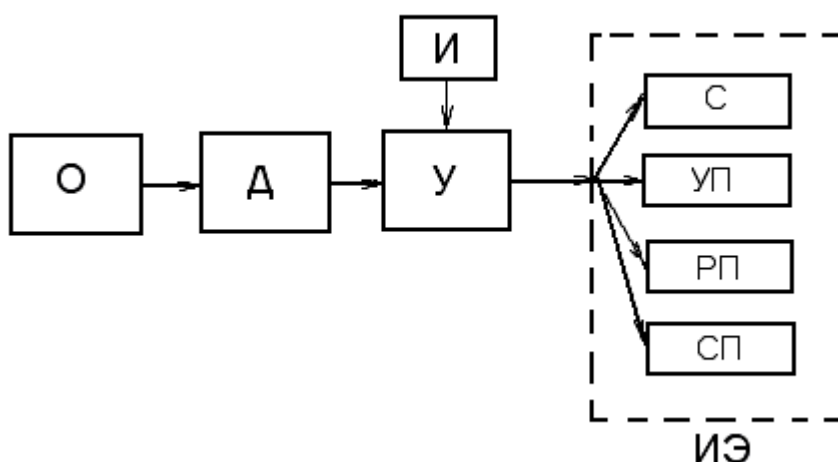


Рис.1.1. Функциональная схема системы автоматического контроля:
О - объект контроля; Д - датчик; У - усилитель; И - источник питания;
И.Э.-исполнительный элемент; С - сигнализирующий прибор; УП - указывающий прибор; РП - регистрирующий прибор; СП - сортирующий прибор

1. Датчиком называют также воспринимающим элементом или первичным преобразователем. Посредством датчика измеряется наблюдаемый параметр, и преобразуются в сигнал, удобный для усиления или для передачи.

2. Усилительный элемент - устройство, назначением которого является усиление слабого сигнала датчика до величины, достаточной для воздействия на исполнительное устройство (элемент).

3. Исполнительный элемент - устройство, посредством которого выполняются желательные заключительные операции.

4. Элементы передачи и связи, посредством которых происходит передача сигналов между первыми тремя элементами.

Кроме указанных в составе системы автоматического контроля входят также:

- а) источники энергии; б) стабилизаторы; в) корректоры;
- г) переключатели; д) фильтры.

Итак, система автоматического контроля состоит из трех основных элементов:

1.-Датчик; 2.-Усилитель; 3.-Исполнительный элемент. Если сигнал датчика является достаточно мощным, то усилительный элемент отсутствует и система состоит только из двух основных элементов - датчика и исполнительного элемента.

В соответствии с содержанием исполнительного элемента ИЭ автоматический контроль разделяется на 4 основных вида:

- а) **автоматическая сигнализация** характерных для предельных значений параметров - С;
- б) **автоматическое указание значений** контролируемых параметров - указывающий прибор - УП;
- в) **автоматическая регистрация значений** контролируемых параметров - РП;
- г) **автоматическая сортировка** различных изделий в зависимости от заданных значений контролируемых параметров - сортирующий прибор - СП.

Назначение автоматической сигнализации состоит в том, чтобы показать наличие характерных или предельных значений (минимальных или максимальных) контролируемых величин. Результат контроля при автоматической сигнализации представляет собой сигнал. Сигнал может быть световым (загорается лампочка), звуковым (звонок-сирена) или комбинированный (звонок-сирена). Сигнал может подаваться контактными контрольно-измерительными приборами: термометрами, манометрами, различными реле.

Автоматическое указание значений контролируемых параметров осуществляется указывающими приборами - это КИПы со стрелками.

При автоматической регистрации значений контролируемого параметра в качестве исполнительного элемента применяются регистрирующие устройства.

Регистрирующие приборы записывают контролируемые параметры без участия человека.

При **автоматической сортировке различных** изделий в сортирующем приборе происходит автоматическое распределение изделий по ряду каналов. Здесь, система приемных каналов исполнительного устройства может рассматриваться как шкала

прибора.

Автоматическая защита - предназначена для обеспечения надежности и безотказности производства. Электрические защитные приборы защищают электрооборудование от действий больших токов и напряжений (предохранители, реле максимального тока, тепловое реле, реле напряжения); защита от пониженного напряжения осуществляется при помощи реле напряжения, контакторов, магнитных пускателей; защита от повторного включения осуществляется контакторами и магнитными пускателями. К автоматической защите относятся также предохранительные клапаны, открывающие выход в атмосферу, когда в котле создается слишком большое давление; реле максимальной скорости, отключающее установку при опасном повышении скорости.

Автоматическое управление. Управлением называется организация целенаправленных действий.

Автоматическим называется такое управление, в котором организация целенаправленных действий осуществляется управляющим элементом, который подает задание - управляющее воздействие.

Это управляющее воздействие может подаваться вручную или автоматически, т.е. системой автоматики другого процесса.

Ниже рассмотрим функциональную схему разомкнутой системы автоматического управления.

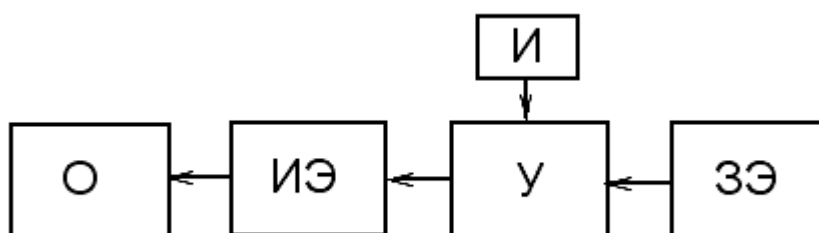


Рис.1.2. Функциональная схема системы автоматического управления:

О - объект управления; ЗЭ - задающий элемент

Схема функционирует следующим образом: сигнал от задающего элемента ЗЭ усиливается до величины, достаточной для приведения в действие исполнительного элемента с целью воздействия на объект управления. Таким образом, при помощи исполнительного элемента происходит воздействие на управляемую величину объекта

(температура в печи) таким образом, что выполняется программа, заданная управляющим элементом (устройством).

В состав элементов управления входят командные устройства, которые задают программу действия и воспроизводящие устройства, например, приводы технологического оборудования. В качестве программного устройства может быть использовано программное реле времени КЭП12У. Эти приборы подают командные импульсы на выполнение очередных операций после отработки заданной выдержки времени.

В сложных программных устройствах программа задается в виде шаблона, который воспроизводит закон изменения управляемой величины в функции времени. Эта закономерность условно наносится на перфорированную или магнитную ленту (или киноплёнку). В качестве устройства автоматического управления используется также управляющая машина (вычислительная машина). Основным узлом в такой машине является вычислительное устройство; это устройство получает от различных датчиков сведения о ходе машины, производит необходимые вычисления и на основании результатов этих вычислений вырабатывает команды для управления технологическим процессом. Необходимые требования по ходу технологического процесса закладываются в вычислительное устройство в виде системы уравнений, описывающих процесс. Значительное место в современных условиях занимают микропроцессорные системы управления.

Автоматическое регулирование. Автоматическим регулированием называется процесс автоматического поддержания заданного значения какой-либо физической величины в заранее установленных условиях. Автоматическое регулирование является наиболее сложным видом автоматизации, оно состоит из автоматического контроля и разомкнутой системы автоматического управления. Ниже представлена функциональная схема замкнутой системы управления, которая является системой автоматического регулирования (см. рис.1.3.).

В этой схеме появился новый функциональный элемент - элемент сравнения ЭС, элемент О является объектом регулирования.

Сигнал от регулируемого объекта О поступает на воспринимающий элемент - датчик Д. От датчика сигнал поступает на элемент сравнения ЭС; на этот же элемент поступает сигнал от задающего элемента ЗЭ. В элементе сравнения сопоставляется требуемое значение параметра (поступающее от задающего элемента)

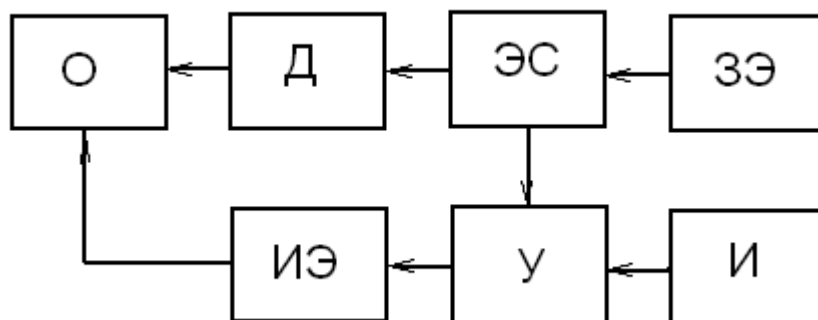


Рис.1.3. Функциональная схема системы автоматического регулирования.

с действительным его значением (поступающим от воспринимающего элемента-датчика). В результате такого сопоставления (сравнения) в элементе сравнения ЭС вырабатывается управляющее воздействие. Обычно это воздействие, слабое по величине, поступает в усилитель У, где оно усиливается за счет постороннего источника энергии И и направляется на исполнительный элемент ИЭ.

Исполнительный элемент воздействует на орган регулирования процессом, который оказывает влияние на регулируемый параметр. Этим замыкается основная цепь воздействия автоматической системы регулирования.

Большинство систем автоматического регулирования, применяющихся в настоящее время в промышленности, на транспорте, являются системой **автоматической стабилизации**; в такой системе автоматическое устройство поддерживает постоянным заданное значение физической величины.

Например, автоматическое поддержание неизменного давления в котле или температуры в печи является автоматической стабилизацией. Имеются технологические процессы, в которых заданное значение регулируемой величины не должно быть постоянным, а должно изменяться во времени по некоторому заранее известному закону; система автоматического регулирования такого вида называется программным регулированием. В следящих системах регулирования регулируются величины, для которых закон изменения заранее неизвестен и определяется внешними процессами. Примером может служить изменение подачи воздуха в топку котельного агрегата в зависимости от поступления газа в топку; увеличение или уменьшение подачи газа (находящиеся в зависимости от давления в паропроводе) вызывает соответствующее увеличение

или уменьшение подачи воздуха так, что соотношение газ-воздух остается неизменным.

В последние годы начали применять оптимальное регулирование. Такое автоматическое регулирование не только поддерживает заданное значение регулируемой величины, но и одновременно определяет каким должно быть заданное значение, чтобы регулируемый процесс протекал как наилучший (оптимальный).

Глава 2

Датчики

2.1. Преобразователи неэлектрических величин в электрические

Автоматизация производственных процессов может быть успешно осуществлена только при наличии современных технических средств. К этим средствам следует отнести: датчики, реле, усилители, исполнительные устройства, автоматические регуляторы и т.п. аппараты и машины.

Датчики представляют собой чувствительные элементы, предназначенные для измерения изменений физических величин и преобразования их в изменения величины другого вида, более удобной для усиления, передачи на расстояние и воздействия на исполнительный механизм.

В автоматизации производственных процессов датчик предназначен воспринимать и преобразовывать параметр, характеризующий протекание технологического процесса.

Величина, воспринимаемая и контролируемая датчиком, называется входной, величина, преобразованная датчиком и вырабатываемая им, называется выходной.

2.2. Характеристики датчиков

1. Датчик имеет **статическую характеристику**, представляющую собой зависимость изменений выходной величины от изменений входной величины. Если обозначить значения входной величины буквой X , а выходной - буквой Y , то статическая характеристика выразится формулой:

$$Y=f(X),$$

Статическая характеристика датчика может быть задана в виде формулы или графика. У датчика статическая характеристика непрерывна, т.е. каждому изменению входной (контролируемой) величины соответствует изменение выходной величины.

Целесообразно применять датчики с возможно более линейной характеристикой в рабочем диапазоне. Приборы, применяемые при измерениях, характеризуются чувствительностью.

II. **Чувствительностью датчика S** называется отношение приращения выходной величины датчика (ΔY) к приращению его входной величины (ΔX)

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X},$$

Различают также понятие относительной чувствительности датчика S_0

$$S_0 = \frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta X}{X}},$$

III. Существует понятие "**порог**" чувствительности

Под "порогом" чувствительности понимается наименьшее значение входной (измеряемой) величины, которая способна вызвать изменение показания прибора или срабатывание устройства на выходе схемы (например, реле).

IV. Датчики характеризуются **инерционностью или постоянной времени**, которая показывает, насколько быстро выходная величина датчика принимает значение, соответствующее ее входной величине.

В зависимости от того, в какую физическую величину датчик преобразует измеряемый импульс, определяется и содержание автоматики:

- на электрической основе, на пневматической основе, на гидравлической основе.

V. Параметрические и генераторные датчики (см. рис.2.1а, б).

Существуют следующие основные методы преобразования неэлектрических величин в электрические:

1. **Метод активного сопротивления**, при котором механическая или тепловая энергия преобразуется в электрическую (датчики

контактные, угольные, проволочные, термометры сопротивления);

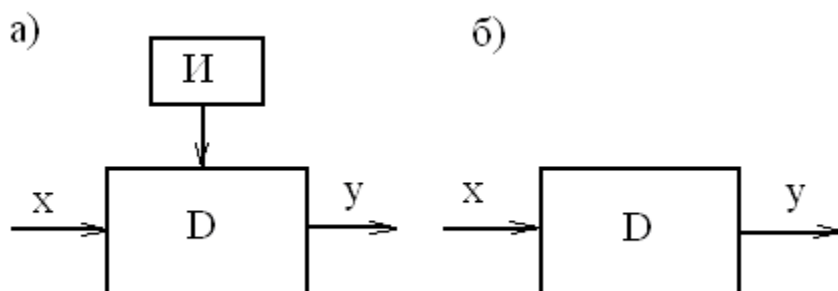


Рис.2.1. Обозначение датчиков в функциональных схемах:

а) параметрический датчик; б) генераторный датчик

2. Индуктивный метод - заключается в изменении индуктивного сопротивления катушек со сталью при перемещении стального якоря (датчик дифференциальный, трансформаторный узел);

3. Метод электрической емкости;

4. Термоэлектрический (термопара);

5. Фотоэлектрический.

В общем случае датчик состоит из трех основных частей: воспринимающей, промежуточной и исполнительной. Воспринимающая часть реагирует на изменение определенной физической величины, поступающей на вход датчика и передает ее в преобразованном виде на промежуточную часть.

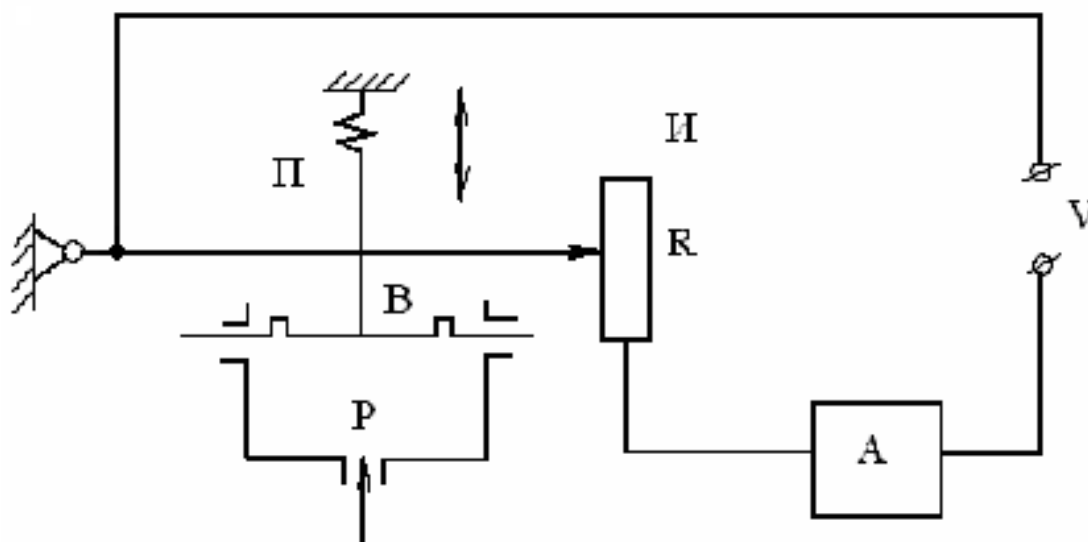


Рис.2.2. Датчик давления:

Р - давление воздуха (жидкости); В - воспринимающая часть (мембрана); П - промежуточная часть; И-исполнительная часть сопротивления R; А - следящий элемент

В промежуточной части физическая величина сравнивается с аналогичным по роду физическим параметром, значение которого является эталоном для измерения воздействия на исполнительную

часть датчика. Исполнительная часть производит изменение его выходной физической величины.

Пример: датчик, преобразующий давление в электрическое сопротивление (см. рис.2.2.).

Датчики, содержащие промежуточную часть называются датчиками с промежуточным преобразованием. Более распространены датчики с непосредственным преобразованием (потенциометрические, емкостные, индуктивные, термоэлектрические и фотоэлектрические).

Контактные датчики предназначены для преобразования механического перемещения в электрический импульс (сигнальный или управляющий каким-либо устройством).

Контактный датчик реагирует на величину измеряемого усилия F (см. рис.2.3.).

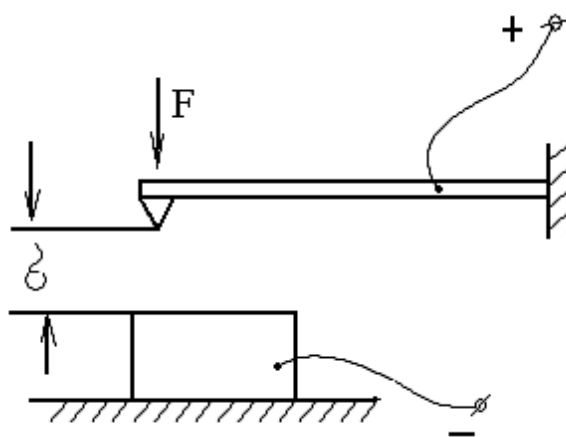


Рис .2.3. Схема контактного датчика

Его чувствительность определяется минимальной величиной усилия F необходимого для надежного замыкания контактов, т.е. материалом и геометрическими размерами пружины (контактной) и величиной начального зазора между контактами δ .

В промышленности получили большое распространение электроконтактные головки для контроля размеров механических деталей с точностью до 1 мкм (см. рис.2.4.).

Неподвижные контакты установлены на плоской пружине 5 и изолированы от нее. Величина начальных зазоров (т.е. величина измерительного диапазона) регулируется винтами 6.

Потенциометрические датчики - также получили применение в основном для измерения перемещений на постоянном и переменном токах. Их основным достоинством является простота и отсутствие необходимости последующего усиления (см.рис.2.5.). Основными недостатками их является наличие скользящего электрического

контакта, необходимость относительно больших перемещений движка и значительного усилия для его перемещения.

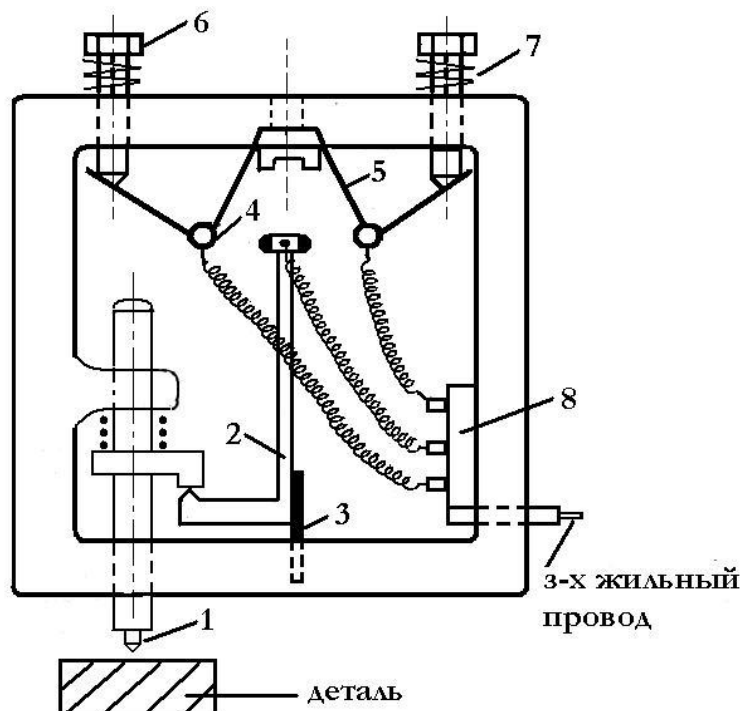


Рис.2.4. Схема электроконтактного датчика:

1 - измерительный шток; 2 - подвижный контактный рычаг; 3 - пружина; 4 - неподвижные контакты; 5 - плоская пружина; 6 - винты; 7 - пружины для выбора; 8 - распределительная колодка.

Простой реостат, изменяющий ток в электрической цепи при перемещении его движка, почти не нашел применения в автоматике ввиду значительной нелинейности его характеристики $I=U/R$.

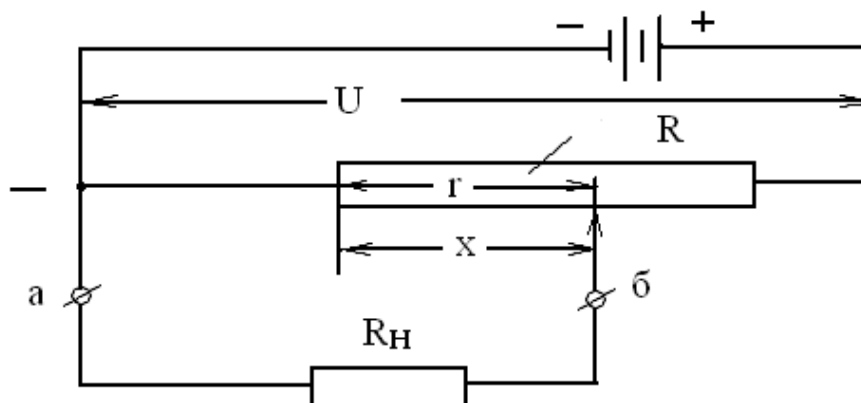


Рис.2.5. Схема потенциометрического датчика

Основное применение получило включение реостата по схеме потенциометра.

В этом случае характеристика датчика может быть сделана приблизительно линейной правильным выбором режима работы потенциометра, т.е. при $R_H \gg R$.

Характеристикой потенциометрического датчика в общем случае является зависимость тока I_H в нагрузке R_H (например, в измерительном приборе) от перемещения X движка потенциометра, т.е. $I_H = f(x)$, где при равномерной намотке величина X пропорциональна величине сопротивления участка потенциометра между начальной точкой и движком т.е. $U_H = U \frac{r}{R}$; $R_H \approx 15R$

Угольные датчики - основное применение нашли для измерения больших (от десятков до тысяч кН) усилий и давлений.

Устройство простейшего угольного датчика показано (см. рис.2.6.).

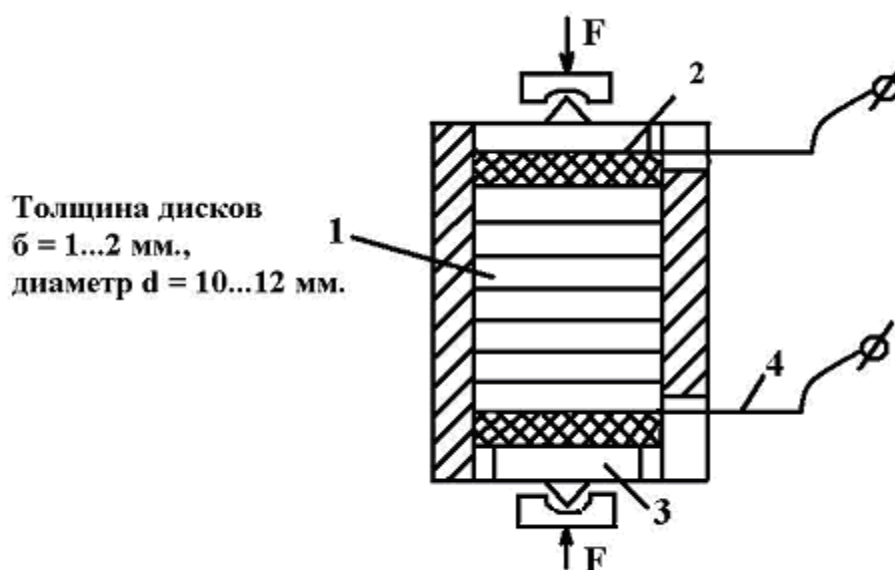


Рис.2.6. Схема угольного датчика:

1-графитовые диски; 2-контактные диски; 3-упорные приспособления; 4-медные шайбы.

Сопротивление R складывается из собственно R_i сопротивлений графитовых дисков и переходного контактного сопротивления поверхностей их соприкосновений.

Из-за неровностей поверхностей графитовых дисков их соприкосновение происходит не по плоскости, а по отдельным точкам. Если угольный датчик подвергнуть сжатию, то эти неровности сминаются, площадь соприкосновения графитовых дисков увеличивается и переходное контактное сопротивление

уменьшается. Это свойство и используется в угольном датчике, зависимость его сопротивления от приложенного усилия F выражается формулой:

$$R = \frac{1}{KF} + Ri,$$

где K - постоянный коэффициент;

Ri - внутреннее сопротивление дисков.

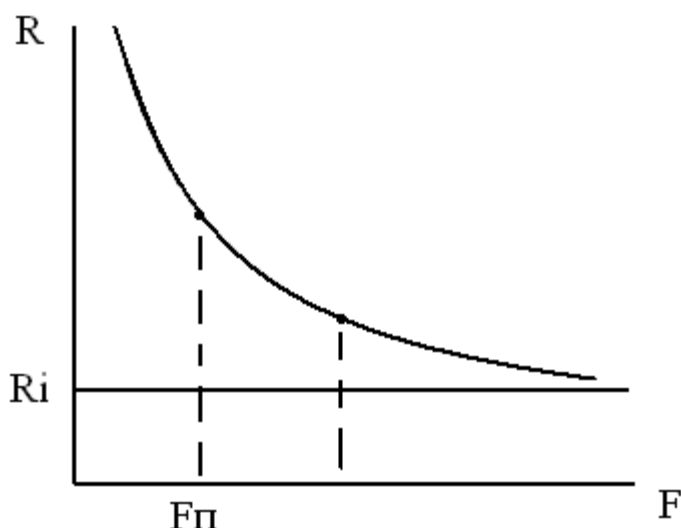


Рис.2.7. Статическая характеристика угольного датчика

Существенными недостатками угольных датчиков являются нелинейность характеристики, нестабильность сопротивления и значительный до (5%) гистерезис, т.е. различие между сопротивлениями для одних и тех же величин усилий при сжатии и при последующем снятии сжимающего усилия.

Явление гистерезиса объясняется тем, что неровности поверхности при сжатии подвергаются частично невозстановимому разрушению и не возвращаются к прежнему состоянию после снятия усилия. Наибольшая нелинейность характеристики угольного датчика наблюдается при минимальных усилиях, поэтому для того, чтобы работать на более линейной части, угольные датчики подвергают предварительному сжатию усилием F_p . Область применения угольных датчиков ограничена измерением больших усилий и давлений, не требующих большой точности, как например, усилия резания в металлообрабатывающих станках.

Проволочные датчики деформации (см. рис.2.8.). Проволочным тензодатчиком называется датчик, действие которого основано на изменении электрического сопротивления проводников или полупроводников при упругих деформациях растяжения и сжатия.

Основной характеристикой тензометра является его чувствительность S_0 , которая равна отношению величины относительного изменения сопротивления тензометра (выходной параметр) к величине относительной деформации (входной параметр). Проволочная решетка с помощью бакелитовых клеев наклеивается на испытываемые поверхности деталей конструкций. Относительный коэффициент чувствительности тензодатчика определяется по формуле:

$$S_0 = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta \ell}{\ell}},$$

где R -сопротивление проволоки;

ℓ -длина проволоки;

ΔR -приращение сопротивления датчика;

$\Delta \ell$ -приращение длины.

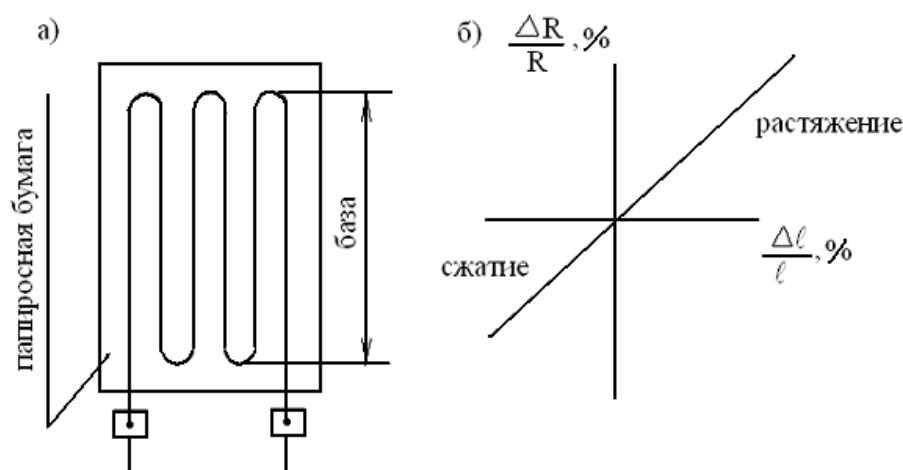


Рис.2.8. Тензодатчик:

а-проволочная решетка; б-статическая характеристика

Для проволоки из константана $S_0=2$ (для статических измерений тензочувствительного элемента датчика).

Проволочные датчики ввиду своих преимуществ:

а) малый вес и габариты;

б) безинерционность, т.е. возможность измерения быстроменяющихся деформаций;

в) возможность размещения в труднодоступных местах;

г) простота и дешевизна, получили широкое распространение для измерения деформаций деталей в самых различных областях техники.

Существенными недостатками проволочных датчиков являются малая величина относительного изменения сопротивления ($\Delta R/R$ не более 1%), что требует применения измерительных схем высокой чувствительности и большая температурная погрешность.

Для увеличения чувствительности применяют включение в мостовую схему двух или даже четырех одинаковых проволочных датчиков, наклеиваемых на исследуемую деталь так, что когда один датчик работает на растяжение, то смежный с ним работает на сжатие.

Механические деформации линейно связаны с величиной деформирующего усилия, поэтому проволочные датчики применяются и для измерения относительно больших усилий. На рис. 2.9, б деталь изгибается усилием P . При этом нормальное напряжение изгиба σ определяется из выражения

$$\sigma = \frac{Mu}{Wu} = \frac{P \ell 6}{bh^2}, \quad (1)$$

где Mu -изгибающий момент $-P \ell$;

Wu -момент сопротивления изгиба- $\frac{bh^2}{6}$ (для сечения консольной балки (см. рис.2.9,б)).

$$\text{Согласно закону Гука } \sigma = \varepsilon E, \quad (2)$$

где E -модуль упругости 1 рода;

ε -относительное удлинение $\Delta \ell / \ell$.

Приравняв выражения формул (1) и (2), получим

$$\frac{P \ell 6}{bh^2} = \varepsilon E, \quad (3)$$

Выразим значение ε через чувствительность датчика S_0 , откуда получим

$$\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} / S_0, \quad (4)$$

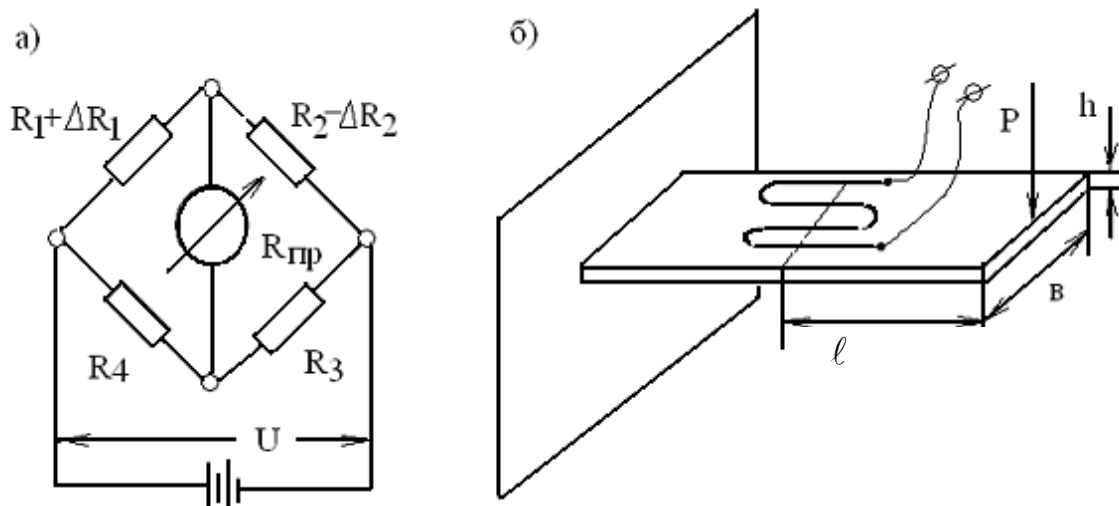


Рис.2.9. Схемы использования тензодатчика:
а-измерительная схема; б-расчетная схема

Последнее подставив (3), получим

$$\frac{P \cdot \ell \cdot 6}{bh^2} = \frac{\Delta R}{R} / S_0, \quad (5)$$

Откуда выходной сигнал датчика выразится формулой

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{P \cdot \ell \cdot S_0 \cdot 6}{bh^2}, \quad (6)$$

Окончательно получим линейную статическую характеристику тензодатчика.

$$\frac{\Delta R}{R} = \kappa \cdot P, \quad (7)$$

где $\kappa = \ell S_0 6 / bh^2$ - величина - постоянная для данной схемы.

К недостаткам проволочных датчиков следует отнести существенное влияние температурного фактора на погрешности измерения, что требует использования мостовых схем с целью

термокомпенсации.

Для компенсации температурной погрешности проволочного датчика применяют следующий способ, иллюстрируемой схемой (см.рис.2.9,а). Два одинаковых датчика размещают в месте измерения - один - на деформируемой детали, а другой на детали, не подвергающейся деформации и включают их в качестве двух смежных плеч мостовой схемы. Тогда приращения ΔR сопротивлений датчиков за счет температуры одинаковы в обоих плечах моста и не влияют на результат измерения (см. рис. 2.9, а); R1, R2 - рабочие датчики, R3, R4 - компенсационные.

Термосопротивлением (ТС) называется полупроводниковое сопротивление, у которого электрическое сопротивление резко уменьшается при увеличении температуры.

Главной характеристикой термосопротивления, называемого также термистором, является температурная зависимость сопротивления. Эта зависимость в значительной степени определяет остальные характеристики термистора (см. рис. 2.10.).

Термисторы КМТ-1, ММТ-серийно изготавливаются промышленностью.

Электрическое сопротивление ТС при температуре окружающей среды равной $t=20^\circ\text{C}$ называется холодным сопротивлением.

Для ТС типа ММТ оно равно примерно 20 кОм. Термосопротивления обладают большим отрицательным температурным коэффициентом сопротивления, т.е. с увеличением температуры их электрическое сопротивление падает (до 3-6% на 1°C).

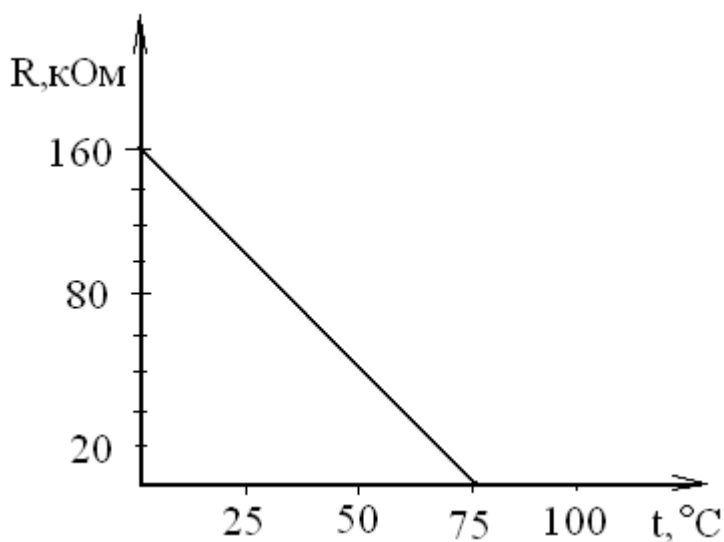


Рис.2.10. Статическая характеристика термистора

Следует отметить, что температурный коэффициент сопротивления

проводников составляет всего 0,4% на 1°C).

В связи с этим при измерении температуры с помощью термометров сопротивлений ТС значительно превосходит по чувствительности термометры сопротивления с металлическим проводниковым датчиком (в 10 раз). Это дает возможность для измерения величины сопротивлений использовать более простые, и следовательно, более дешевые приборы.

Термометры сопротивления, чувствительный элемент - проводник. Для платины удельное сопротивление составляет $\rho=0,1$ Ом мм²/м, для меди - $\rho=0,017$ Ом мм²/м.

Платиновый термометр сопротивления при изменении температуры соответственно изменяет сопротивление:

при $t = -50$ °C - $R = 36,8$ Ом;

при $t = 150$ °C - $R = 72,78$ Ом.

Конструктивно ТС изготавливаются цилиндрическими, шайбовыми, дисковыми и бусиновыми. Цилиндрические стержни изготавливаются с диаметром стержня от 20 мкм до 5...10 мм. Длина ТС колеблется в пределах от 1 до 50 мм. Термосопротивления покрываются слоем изоляционной влагостойкой эмали или они помещаются в защитные баллоны. ТС типа ММТ и КМТ имеют размеры и форму, показанной на рис.2.11.

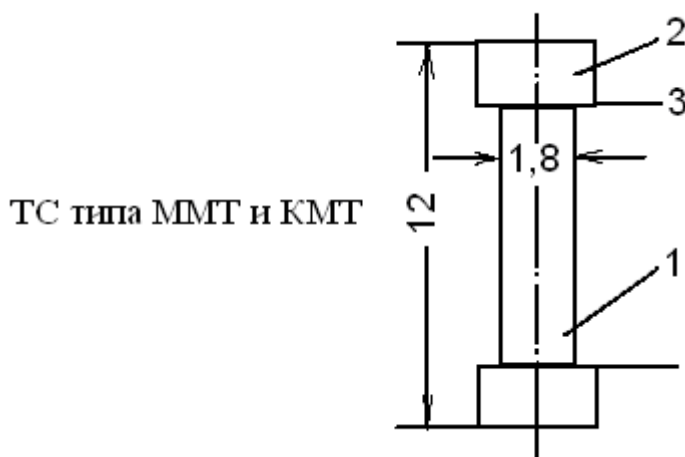


Рис.2.11. Общий вид цилиндрического термистора:

1-полупроводниковый элемент; 2-контактные колпачки; 3-контактные выводы

Преимуществом термисторов является высокая величина их электрического сопротивления, что особенно важно при их использовании совместно с электронными усилителями и при дистанционных измерениях температур.

Недостатками термосопротивлений является меньшая стабильность характеристик (по сравнению с металлическими чувствительными элементами-термометрами сопротивления) и отсутствие взаимозаменяемости.

Термисторы применяются во многих областях техники. Все многообразие их применения в технике базируется на двух основных принципах работы термосопротивлений в схемах.

В 1-ом случае сопротивление ТС меняется вследствие изменения температуры окружающей среды. Ток, проходящий при этом через ТС, настолько мал, что не вызывает дополнительного разогрева термосопротивления, а служит лишь для измерения величины сопротивления ТС. Сюда относятся схемы измерения температур, измерения влажности воздуха и др.

Во 2-ом случае сопротивление ТС меняется за счет тепла, выделяемого током, при прохождении через термосопротивление.

Колебания же температуры окружающей среды не принимаются во внимание. Сюда относятся использование ТС в качестве генератора низкой частоты, пусковых сопротивлений в схемах реле времени и др.

Фотоэлектрические датчики. Фотоэлектрическим датчиком называется датчик, который реагирует на изменение освещенности.

В фотоэлектрических датчиках используются три вида фотоэффекта.

Фотоэффект - явление изменения свойств вещества при изменении его освещенности.

1. Внешний фотоэффект, состоящий в том, что под влиянием световой энергии происходит вылет электронов (эмиссия) из катода электронной лампы; Величина тока эмиссии зависит от освещенности катода.

2. Внутренний фотоэффект, состоящий в том, что активное сопротивление (электропроводность) полупроводника находится в зависимости от его освещенности.

3. Вентильный фотоэффект, заключающийся в том, что между слоями освещаемого проводника и неосвещаемого полупроводника, разделенных тонким изоляционным слоем, возникает ЭДС, величина которой зависит от освещенности.

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом представляют собой вакуумную или газонаполненную лампу с катодом из фоточувствительного слоя.

Следовательно, колебания напряжения в сети на работу вакуумных

фотоэлементов не влияют.

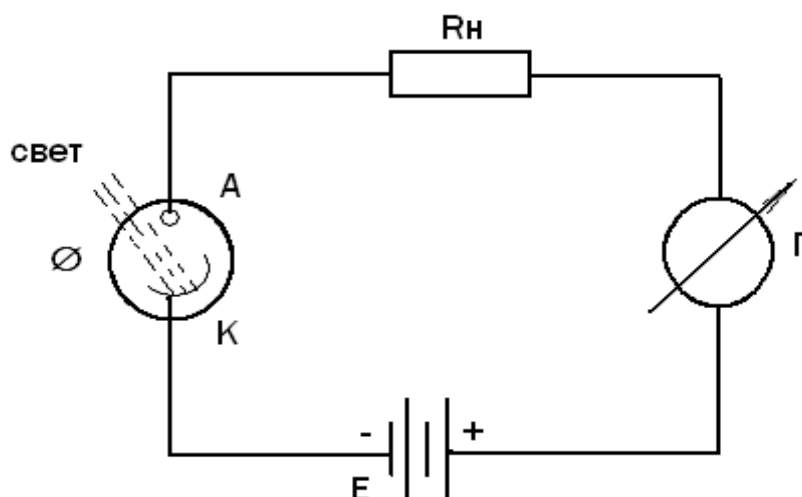


Рис.2.12. Схема включения фотоэлемента с внешним фотоэффектом в электрическую цепь:

Ф - фотоэлемент; А - анод; К - катод; R_н – сопротивление нагрузки; Г - измерительный прибор; Е - источник ЭДС

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом выпускаются на рабочее напряжение 24В. Они обладают большим внутренним сопротивлением, которое составляет у вакуумных фотоэлементов порядка сотен МОм, у газонаполненных исчисляется десятками МОм.

Использование фотоэлементов в схемах автоматики требует применения усилителей с очень большим коэффициентом усиления.

Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом (фотосопротивления). Явление внутреннего фотоэффекта состоит

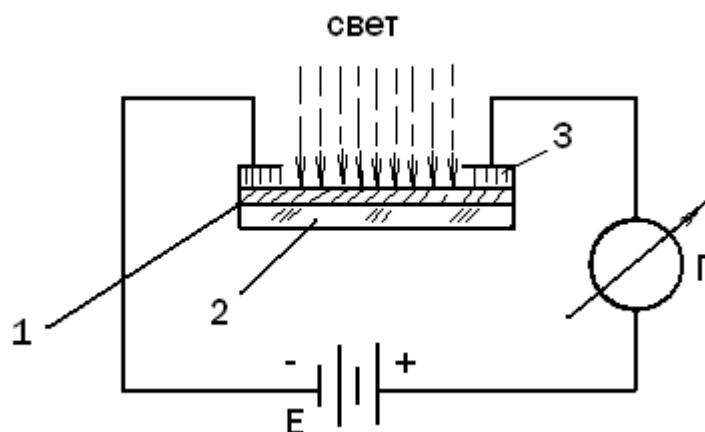


Рис.2.13. Устройство и принцип действия фотосопротивления:

1-полупроводниковый слой; 2-кварцевая или стеклянная пластина;
3-токосъемные электроды

в том, что в результате поглощения света в полупроводнике появляются дополнительные свободные электроны, благодаря этому проводимость вещества увеличивается, а сопротивление его уменьшается.

Фотосопротивление состоит из светочувствительного слоя полупроводника 1, толщиной около одного микрона, нанесенного на стеклянную (или кварцевую) пластинку 2.

На поверхности полупроводника укреплены токосъемные электроды 3 (обычно золотые). Чувствительный к свету элемент с токосъемными электродами монтируется в пластмассовом корпусе так, чтобы выступающие электроды обеспечили включение фотосопротивления в схему через специальную панель. Фотосопротивления из сернистого свинца кроме букв ФС, имеют обозначения А1, А2, А3, из сернистого кадмия К1, К2 и КО.

Работа фотосопротивления заключается в том, что при освещении электрическое сопротивление резко падает и, следовательно, ток в электрической цепи, в которую включено фотосопротивление, возрастает.

Мерой чувствительности фотосопротивления является разность токов в темноте и на свету, отнесенная к величине светового потока, падающего на фотосопротивление. Следует подчеркнуть, что чувствительность фотосопротивления во много раз больше чувствительности фотоэлементов с внешним фотоэффектом.

Максимальная чувствительность некоторых фотосопротивлений при наибольшей допустимом напряжении может быть в 12000 раз больше чувствительности вакуумных фотоэлементов типа СЦВ.

Максимальная чувствительность фотосопротивления определяется допустимым предельным рабочим напряжением, которое для различных фотосопротивлений различно. Так, для ФС-А1 составляет 15В, для ФС-К1-400В, для ФС-Д1-300В.

Электрическое сопротивление фотосопротивлений при освещении падает во много раз.

Фотосопротивления можно применять в схемах измерения и автоматики без электронных усилителей.

Это значительно упрощает схему. Фотореле такого типа представляет собой электрическую цепь, состоящую из фотоэлемента, реле и источника питания (см.рис.2.14.).

Сопротивление обмотки КР-7 - 9600 Ом, а ток срабатывания - 0,3 мА. Если фотосопротивление не освещено, то его электрическое сопротивление составляет $\approx 10^7$ Ом, т.е. ток мал и реле КР - 7 не

срабатывает.

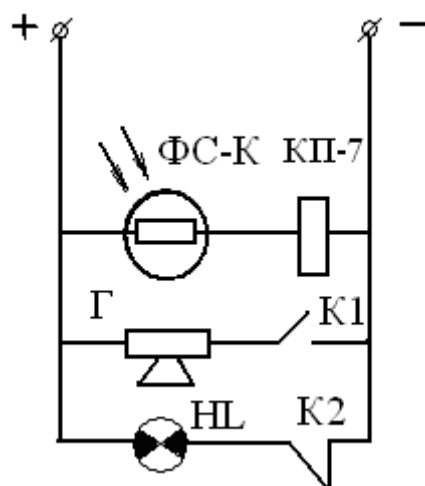


Рис.2.14. Включение фотосопротивления в схему автоматики

В данном случае при срабатывании включится гудок Г и отключится лампа HL. К недостаткам фотосопротивлений следует отнести их инерционность. Она заключается в том, что при освещении фототок достигает не сразу своего конечного значения.

При прекращении освещения ток достигает своего первоначального значения также не мгновенно, а по истечении определенного времени.

Недостатком фотосопротивлений является также зависимость сопротивления от температуры окружающей среды и повышенной влажности.

Фотоэлементы, работающие на принципе вентильного фотоэффекта.

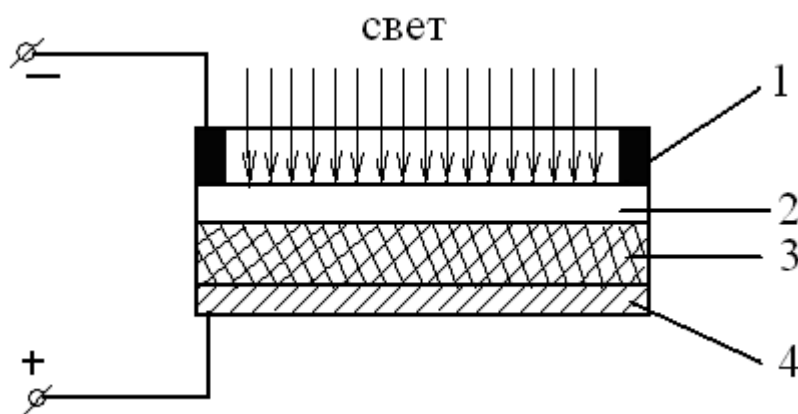


Рис.2.15. Фотоэлемент с вентильным фотоэффектом:

1-контактное кольцо; 2-золотая пленка; 3-запирающий слой; 4-полупроводник; 5-стальная пластина

Эти фотоэлементы интересны тем, что они могут работать без источника питания, так как под действием света вентильные фотоэлементы сами являются источниками тока (см.рис.2.15.).

Под влиянием светового потока элементы перемещаются из освещенного вещества и проникают через запирающий слой в другое вещество. В результате этого во внешней цепи возникает э.д.с. Устройство и работа вентильного фотоэлемента с запирающим слоем заключается в следующем:

На опорный металлический электрод наносится слой полупроводника, поверх которого осаждается полупрозрачная пленка золота. Между золотой пленкой и полупроводником создается запирающий слой. Поверх золотой пленки накладывается защитный слой прозрачного лака. С внешней цепью фотоэлемент соединяется при помощи контактного металлического кольца, накладываемого на золотую пленку. Одним из наиболее распространенных элементов является селеновый фотоэлемент.

Световой поток, направляемый на фотоэлемент, проходит через золотую пленку и поглощается в полупроводнике; лучистая энергия освобождает в селене электроны, которые, диффундируя в золотой электрод, заряжают его отрицательно, а селен - положительно.

При замыкании электродов фотоэлемента на внешнее сопротивление возникает ток, величина которого (если цепь замкнута накоротко) пропорциональна освещенности.

Чувствительность вентильных фотоэлементов довольно высока и во многих случаях практики позволяет обойтись без усиления фототоков.

Чувствительность фотоэлемента к суммарному световому потоку при коротком замыкании селеновых фотоэлементов составляет 500 мкА/лм (при световых потоках до 1 лм).

При увеличении внешнего сопротивления нагрузки в цепи вентильного фотоэлемента чувствительность его падает. Инерционность фотоэлементов сравнительно велика, так как система электродов, разделенных тончайшим запирающим слоем образует значительную емкость.

Индуктивные датчики работают на принципе изменения полного сопротивления катушки со стальным сердечником при перемещении подвижной части - стального якоря (см. рис.2.16.). Индуктивные датчики получили в системах автоматики широкое распространение ввиду ряда их существенных достоинств:

1. Простота, надежность и отсутствие скользящих контактов;

2. Возможность непосредственного использования показывающих приборов за счет относительно большой величины;

3. Возможность работы на переменном токе промышленной частоты.

Область применения индуктивных датчиков:

а) измерение малых угловых и линейных механических перемещений, а также управление следующими устройствами;

б) в качестве чувствительных элементов автопилотов.

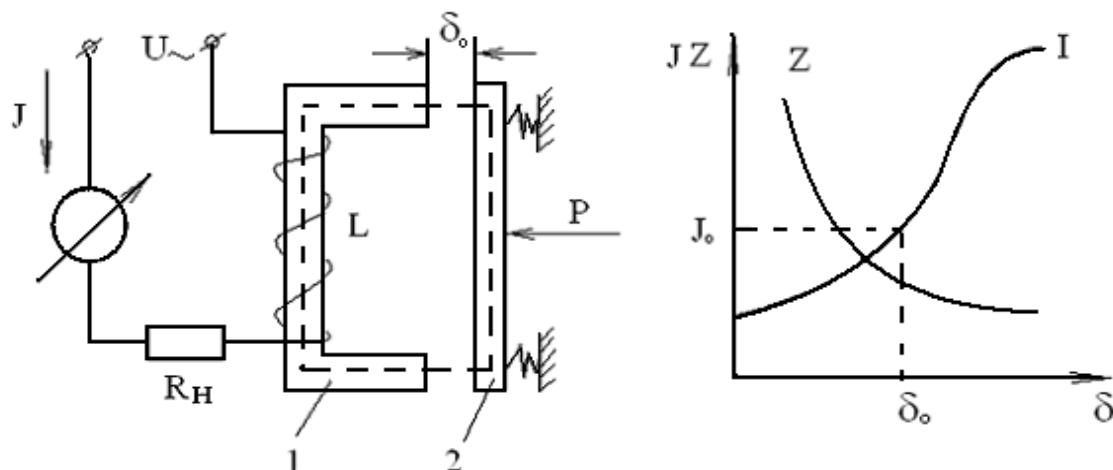


Рис.2.16. Схема одинарного индуктивного датчика:

1-неподвижный магнитопровод; 2-подвижная часть - стальной якорь; P -силовое воздействие; δ -расстояние (зазор) между якорем и неподвижным магнитопроводом; J - ток в катушке

Под действием механических сил P , создаваемых извне, якорь перемещается на некоторое расстояние; Изменение воздушного зазора δ_0 вызывает изменение индуктивного сопротивления катушки и, следовательно, изменение полного сопротивления катушки Z .

Изменение сопротивления Z приводит к изменению тока $I=U/Z$ в цепи катушки. Итак, перемещение якоря вызывает изменение тока в цепи катушки, т.е. по изменению тока можно судить о величине перемещения.

Недостатки одинарного индуктивного датчика:

а) на результаты измерений влияет сила притяжения, которую испытывает якорь. Эта сила с изменением величины зазора δ также изменяется;

б) для измерения перемещения якоря 2 в обоих направлениях (влево и вправо) кроме наличия тока, необходим начальный воздушный зазор δ_0 , следовательно, начальный ток J_0 нагрузки R_H , в связи с чем возникают погрешности. Одинарные датчики (индуктивные) применяются для измерения малых перемещений, а также могут

служить в качестве бесконтактных путевых выключателей (см.рис.2.17. б).

Для устранения недостатков одинарных датчиков применяют дифференциальные схемы индуктивных датчиков (см.рис.2.17. а);

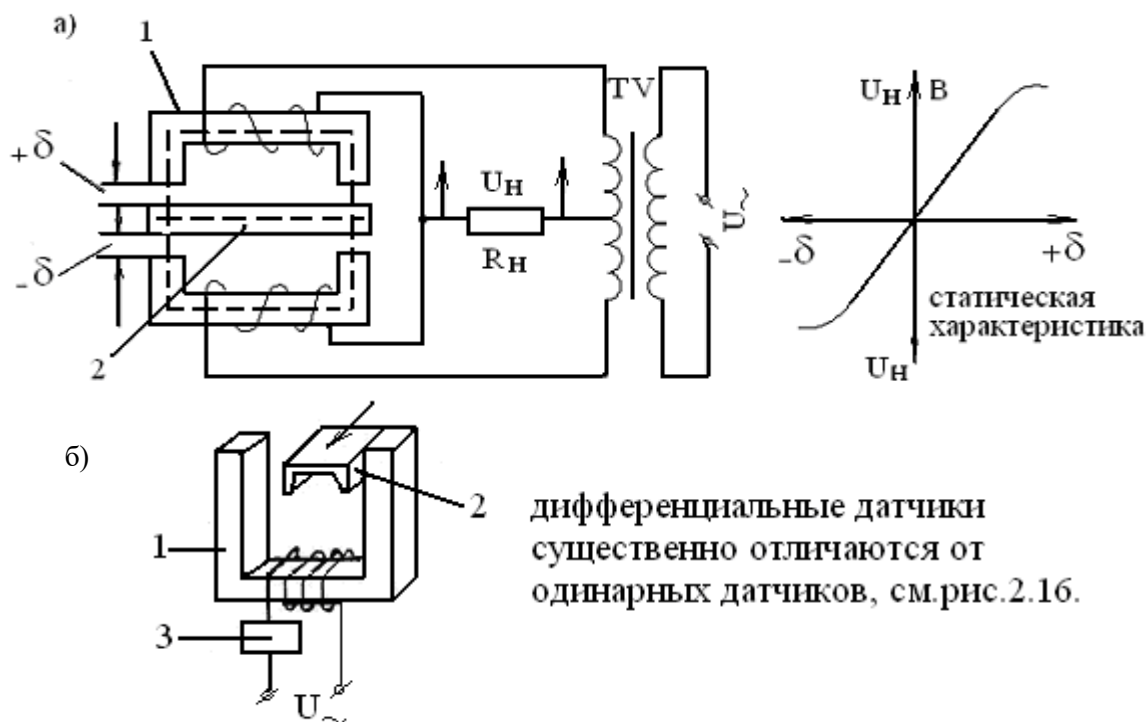


Рис.2.17. Индуктивные датчики:

а) - дифференциальный; б)- одинарный; 1-магнитопровод; 2-стальная деталь; 3- катушка реле

При приближении стальной детали 2 (якорь) к магнитопроводу 1 сопротивление цепи катушки резко возрастает, и сила тока падает (конечный выключатель).

В соленоидных датчиках при вхождении якоря внутрь катушки индуктивность катушки и, следовательно, ее полное сопротивление изменяется пропорционально массе якоря (см. рис.2.18.) введенной в катушку. Индуктивность катушки при этом может быть определена по формуле:

$$L = \frac{W^2}{\ell_K} \mu q \ell,$$

где W -число витков катушки;

ℓ_K -длина катушки;

q - поперечное сечение катушки;

ℓ - величина вхождения катушки;

μ ~магнитная проницаемость материала сердечника.

Ток в цепи катушки определяется по формуле:

$$J_K = \frac{U_{\sim}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}},$$

где $U_{\sim}$ -напряжение питания катушки, В;

R -активное сопротивление в цепи, Ом;

ω -циклическая частота тока, рад/с;

ωL -индуктивная составляющая полного сопротивления цепи катушки, Ом.

Циклическая частота тока $\omega = 2\pi f$,

где f -частота переменного тока, промышленная частота $f=50$ Гц.

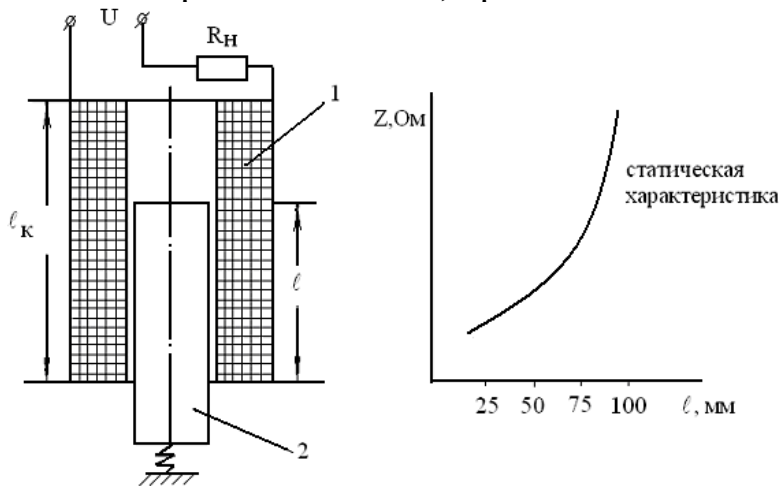


Рис.2.18. Соленоидный индуктивный датчик:

1-катушка; 2-якорь подвижный

Индуктивные датчики просты по устройству, надежны, не имеют скользящих контактов, обладают относительно большой величиной отдаваемой электрической мощности и могут работать на переменном токе промышленной частоты.

Недостатком индуктивных датчиков является значительная зависимость результатов от частоты тока питающей сети. В автоматике применяются индуктивные датчики на частотах до 3000-5000 Гц, т.к. на более высоких частотах резко растут потери в стали.

Применяются индуктивные датчики в приборах для контроля и сортировки роликов, как конечные выключатели в лифтах, электрические манометры, электрические динамометры, электрические тензометры для измерения напряжений.

Емкостные датчики. Основная область применения емкостных датчиков - преобразование в электрический параметр быстро

меняющихся величин - давлений, вибраций, ускорений, измерение уровня жидкостей, измерение перемещений, размеров деталей.

Емкость плоского конденсатора выражается формулой

$$C = \frac{\varepsilon S}{\delta},$$

где C - электрическая емкость;

S - площадь пластин конденсатора;

ε - диэлектрическая проницаемость среды;

δ - расстояние между пластинами.

В наиболее распространенных типах емкостных датчиков используется зависимость электрической емкости от расстояния между пластинами

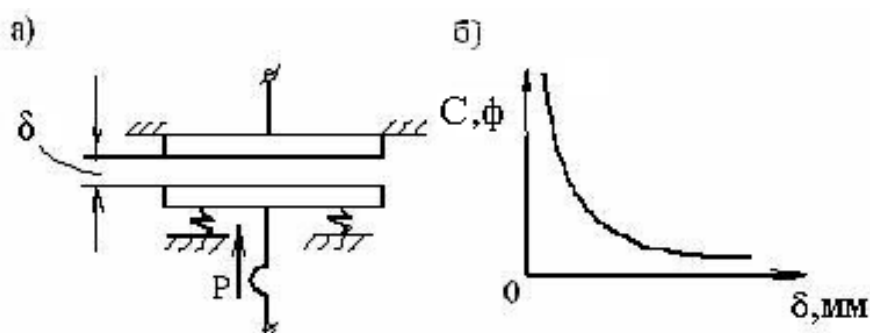


Рис.2.19. Емкостный датчик перемещения с переменным зазором:

а) -принципиальная схема; б) -характеристика датчика (емкости)

Под действием силы P происходит преобразование перемещения подвижной части датчика в электрическую-выходную величину (частоту, ток, напряжение), зависящую от входной величины.

При перемещении пластины датчика изменяется его емкость; меняется ток, проходящий через него, а следовательно, меняется и напряжение U_n нагрузки R_n . Это напряжение U_n является выходной величиной.

Такая схема зависит от напряжения U и частоты источника питания или усилителя. Достоинствами емкостных датчиков являются: потребность очень малых усилий для перемещения подвижной части (ротора) емкостного датчика.

Существенными недостатками емкостных датчиков являются большая величина их реактивного сопротивления и невозможность в связи с этим использовать емкостные датчики на промышленной

частоте, и необходимость тщательной экранировки. Действительная емкость переменного конденсатора равна в среднем 100...200 пф

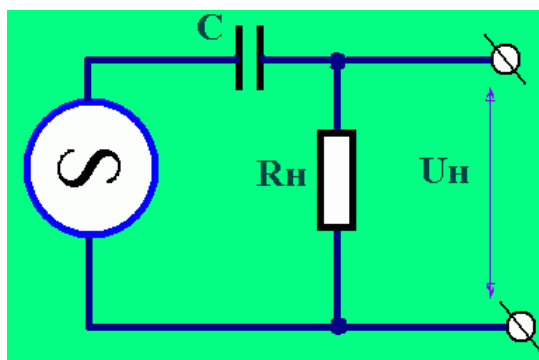


Рис.2.20. Схема включения емкостного датчика перемещения

(1пф=10⁻¹² фарад). Реактивное сопротивление такого конденсатора (C=200 пф) при промышленной частоте f=50 Гц равно:

$$X_c = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 200 \cdot 10^{-12}} = 15 \cdot 10^8 \text{ Ом},$$

где ω - циклическая частота, рад/с ($\omega = 2\pi f$).

При таком сопротивлении велико влияние посторонних паразитных емкостей и посторонних электрических полей.

Емкостные датчики получили относительно небольшое распространение вследствие необходимости применения сложной аппаратуры и трудности наладки и регулирования измерительных схем с емкостными датчиками.

Наибольшее применение они получили для измерения перемещений, размеров деталей, хотя в отдельных случаях используются для измерения величины ускорений, количества топлива бензобаков и т.п.

Емкость всякого конденсатора зависит от трех основных параметров - площади пластин S, расстояния между пластинами δ и диэлектрической постоянной ϵ .

Емкость круглого конденсатора выражается зависимостью

$$C_0 = \epsilon S / 4\pi\delta,$$

Исходя из вышесказанного, питание измерительных схем емкостных датчиков осуществляется переменным током повышенной частоты - от нескольких МГц до десятков МГц и, следовательно, с использованием генераторов высокой частоты. В

последнее время разработаны и внедрены емкостные датчики на частоте в 400 Гц.

Тахогенераторы, датчики скорости. Тахогенератор служит для преобразования механического вращения в электрический сигнал (напряжение).

В тахогенераторе скорость вращения пропорциональна ЭДС, индуцируемой в его обмотке.

Тахогенераторы имеют большое распространение. Они представляют собой миниатюрные генераторы постоянного или переменного тока с независимым возбуждением. Возбуждение может осуществляться как с помощью постоянных магнитов, так и с помощью обмоток возбуждения.

Тахогенераторы постоянного тока обладают значительными погрешностями, обусловленными температурными нестабильностями (изменение сопротивления обмоток и магнитной проницаемости стали) и нестабильностью щеточного контакта.

Достоинством тахогенераторов постоянного тока является отсутствие фазовой погрешности в их схемах нагрузок различного характера (активной, индуктивной и емкостной), которая оказывает влияние на величину выходного напряжения и форму выходной характеристики.

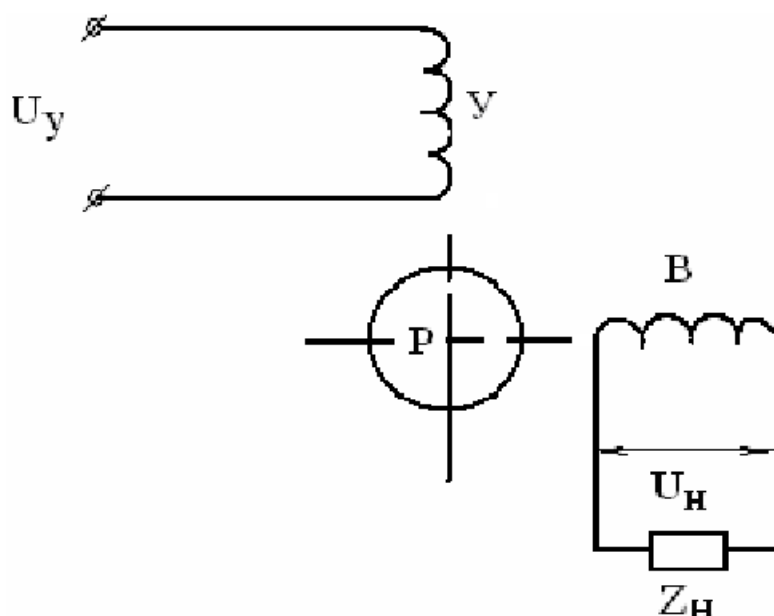


Рис. 2.21. Схема включения асинхронного тахогенератора:

Недостатки тахогенераторов постоянного тока: более сложная конструкция, наличие скользящего контакта между коллектором и

щетками; необходимость устройства защитных фильтров от радиопомех, большая стоимость.

Поэтому часто применяются асинхронные тахогенераторы переменного тока (см.рис.2.21.). Асинхронные тахогенераторы не имеют подвижных контактов.

Статор имеет две обмотки, расположенные под углом 90° , а ротор представляет собой алюминиевый стакан, вращающийся в зазоре между статором и неподвижным цилиндрическим сердечником. Одна из обмоток статора получает питание от источника переменного напряжения U_y , с другой снимается напряжение $U_n = U_{\text{вых}}$. При неподвижном роторе выходное напряжение равно нулю, так как оси обмоток взаимно перпендикулярны. При вращении ротора в поле обмотки возбуждения, в нем возникают токи и соответствующий им магнитный поток пересекает проводники выходной обмотки, наводя в ней переменную э.д.с., пропорциональную скорости ротора. При изменении направления вращения изменяется фаза наводимой э.д.с.

К обмотке Y подводится U_y , амплитуда и частота – постоянны. Обмотка статора B замыкается на внешнее нагрузочное сопротивление Z_n . Напряжение на зажимах нагрузки будет по величине изменяться вместе со скоростью вращения ротора P , причем частота будет равна частоте питающего напряжения U_y .

Недостатки асинхронного тахогенератора с полым ротором:

- 1) небольшое отклонение выходной характеристики (т.е. зависимости выходного напряжения от скорости вращения при постоянной нагрузке) от линейности (амплитудная погрешность).
- 2) зависимость угла между векторами напряжения питания U_y и выходного напряжения U_n от скорости вращения (фазовая погрешность).

Глава 3

Усилители

3.1. Общие сведения об усилителях

Усилителем называется устройство, которое служит для количественного преобразования выходной величины датчика, причем входная и выходная величины остаются одинаковой

физической природы. Увеличение выходной энергии усилителя получается за счет использования энергии внешнего источника. Необходимость применения усилителя объясняется тем, что сигнал датчика обычно слаб и недостаточен для управления последующими элементами системы управления, в том числе исполнительным устройством.

Основными характеристиками усилителя являются:

1. Рабочая характеристика усилителя;
2. Коэффициент усиления.

Рабочая характеристика усилителя представляет собой зависимость выходной величины от входной величины при установившемся режиме.

Например, для напряжения U рабочая характеристика имеет вид:

$$U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}}),$$

Коэффициентом усиления называется отношение значения величины на выходе усилителя к значению величины на входе (по напряжению или по мощности).

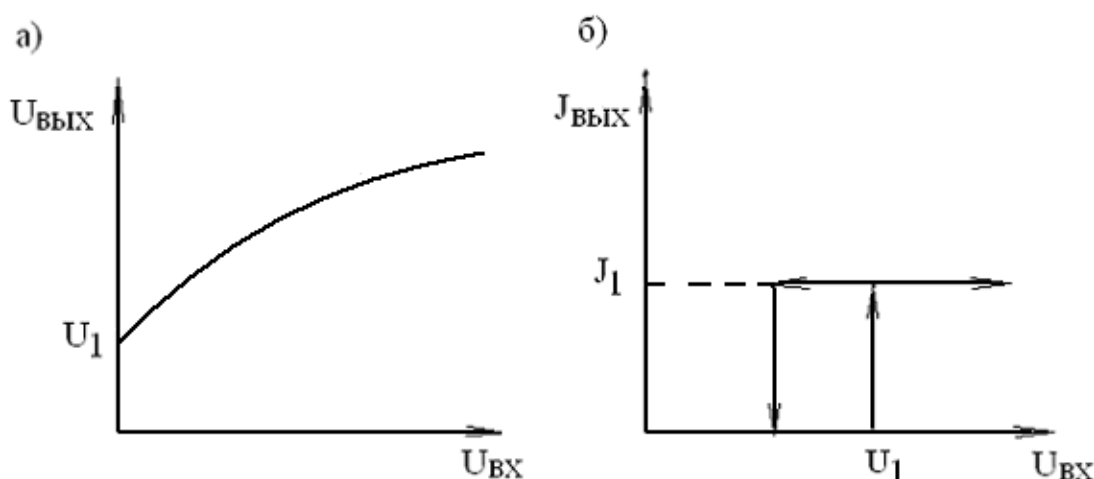


Рис.3.1. Характеристики усилителя:

а) - плавного действия; в) - прерывистого действия

Например, коэффициент усиления по мощности будет равен

$$K_y = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}, \text{ а по напряжению } K_y = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}},$$

В зависимости от этих характеристик усиление может быть двух

основных типов:

- 1) плавного действия;
- 2) релейного действия.

В усилителях плавного действия существует определенная зависимость между значением выходной и входной величины, а коэффициент усиления изменяется незначительно.

Наиболее распространенными усилителями плавного действия являются: электронные, магнитные, электромашинные, гидравлические, пневматические.

В усилителях релейного действия нет определенной функциональной зависимости между величиной входного и выходного воздействия: выходное воздействие при релейном усилении появляется лишь тогда, когда входное воздействие достигает определенной величины, следовательно, когда нет выходного воздействия, коэффициент усиления равен нулю, а при появлении этого воздействия коэффициент принимает свое постоянное значение. Примером усилителя релейного действия является реле.

Наиболее распространенным типом реле является электромагнитное нейтральное реле.

Действительно, для срабатывания реле необходимы малые токи (или напряжения), а контакты реле включают значительные токи.

Например, реле типа МКУ-4 8 с катушкой на 220 В переменного тока потребляет рабочий ток 0,012 А, а ток, замыкаемый контактами, составляет 5 А при таком же напряжении, т.е коэффициент усиления $K_y = 5/0,012 = 416$

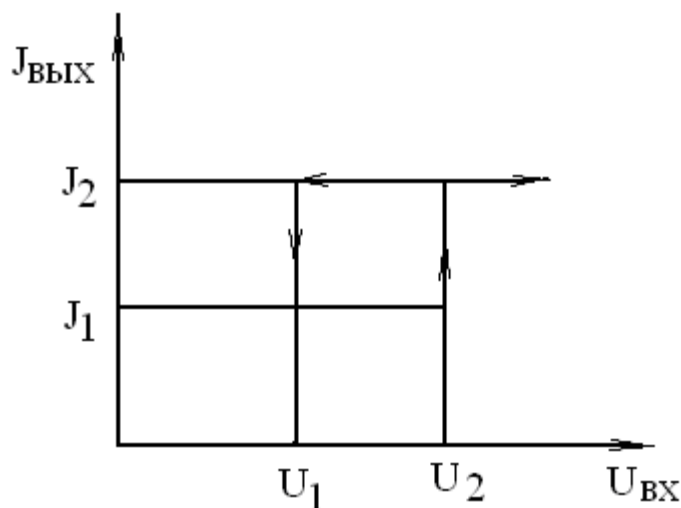


Рис. 3.2. Характеристика реле

Таким образом, слабый сигнал при помощи реле усиливается.

Отличительной особенностью реле, как усилителя, является то, что характеристика реле имеет разрывной характер. Рассмотрим это на работе электромагнитного нейтрального реле напряжения (см.рис.3.2.).

Если напряжение на катушке, являющееся входным воздействием, увеличивается от нуля, то ток в цепи, в которую включены контакты реле, изменяться не будет, здесь ток в цепи - выходное воздействие.

Когда же напряжение на катушке достигнет величины срабатывания реле, якорь реле втянется и замкнет контакты. При этом ток резко возрастает, это может быть, например, в схеме, где контакты были включены параллельно сопротивлению, которое теперь шунтировано. Следовательно, при $U=U_2$ выходная величина изменилась от I_1 до I_2 . При дальнейшем возрастании входной величины (U) выходная величина (I) изменяться не будет.

При уменьшении входного воздействия до значения U_1 выходная величина также остается неизменной.

3.2. Магнитный усилитель

Работа магнитного усилителя основана на использовании нелинейной характеристики намагничивания ферромагнитных материалов. К ферромагнитным материалам относятся: железо, никель, кобальт и их сплавы. Рассмотрим некоторые положения из электротехники.

Имеем кольцевой сердечник из стали, на сердечнике помещена обмотка с числом витков W (см.рис. 3.3.).

Если по этой обмотке пропустить постоянный ток i , то он создаст магнитное поле напряженностью H , определяемой по формуле:

$$H = \frac{0,4\pi i W}{\ell},$$

где ℓ - средняя длина сердечника;

$d_{\text{ср}}$ - средний диаметр;

S - сечение железа сердечника.

Под воздействием магнитного поля сердечник намагничивается и в нем устанавливается магнитный поток Φ .

Магнитный поток Φ , проходящий через поперечное сечение S сердечника площадью 1см^2 , представляет собой плотность потока,

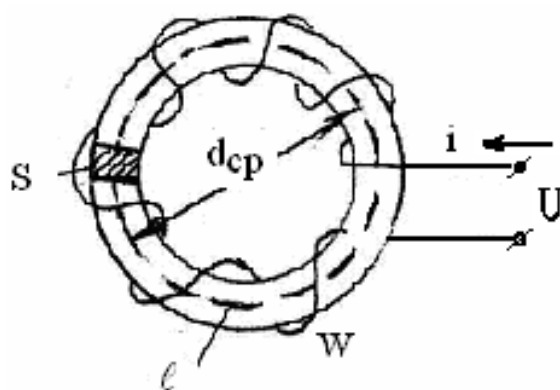


Рис. 3.3. Кольцевой сердечник

которую называют магнитной индукцией и обозначают буквой B .

$$\Phi = B S,$$

Отношение магнитной индукции B к напряженности магнитного поля H называют магнитной проницаемостью сердечника или вещества:

$$\mu = \frac{B}{H},$$

Основная кривая намагничивания снимается на постоянном токе (см.рис.3.4.).

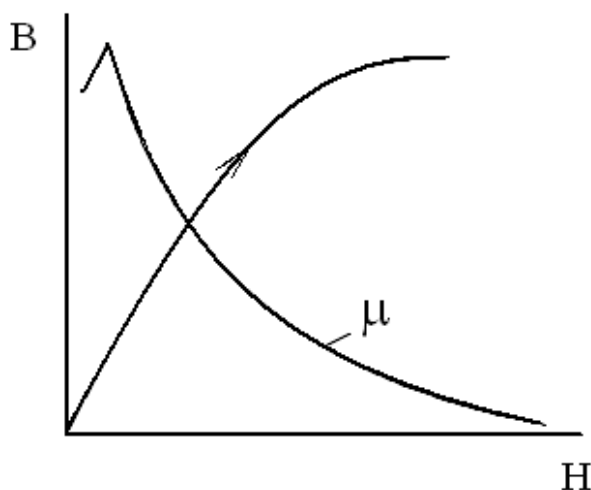


Рис. 3.4. Основная кривая намагничивания ферромагнитного материала

Рассмотрим принцип действия простейшего магнитного усилителя, представляющего собою два сердечника из

ферромагнитного материала с первичными обмотками W_1 и вторичными W_2 с последовательной и встречной намоткой (см. рис. 3.5.).

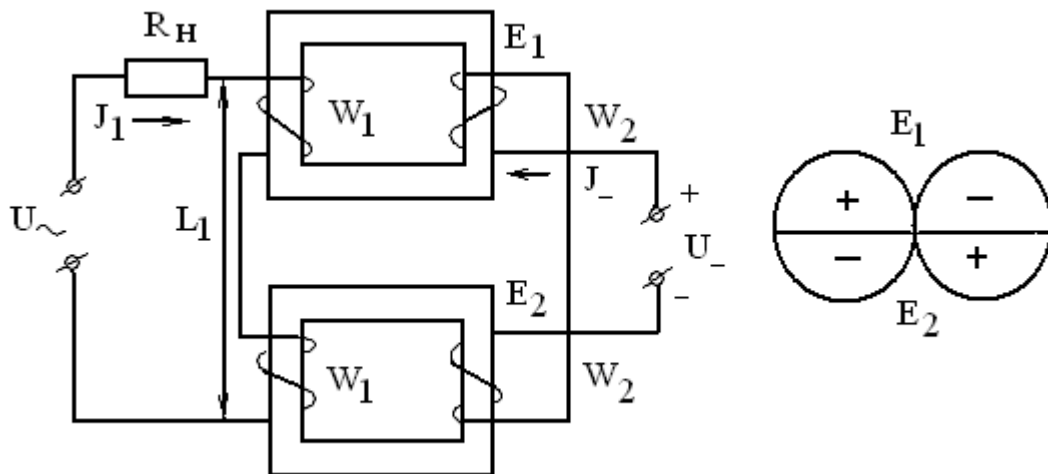


Рис. 3.5. Схема простейшего дроссельного магнитного усилителя:

L_1 -индуктивность первичных обмоток; R_n -нагрузка цепи переменного тока; U -напряжение постоянного тока (выходной сигнал датчика)

При этом первичные обмотки питаются переменным напряжением ($U_{\sim}$).

При разомкнутых вторичных обмотках через первичные обмотки W_1 протекает ток холостого хода трансформатора I_{xx} .

ЭДС, индуцируемые во вторичных обмотках будут одинаковыми по величине и противоположными по фазе и взаимно компенсируются, вследствие чего ЭДС во вторичной цепи трансформаторов будет равна нулю. $E_1 = E_2$

Если замкнуть накоротко свободные концы вторичных обмоток, то ток по этим обмоткам протекать не будет и величина тока в первичных обмотках не изменится.

Подадим теперь постоянный ток J_- во вторичные обмотки W_2 трансформаторов. Этот ток вследствие нелинейного характера кривой намагничивания сердечников вызывает уменьшение их динамической (или действующей) магнитной проницаемости $\mu_{\sim}$, т.е. проницаемости для переменного магнитного потока). В соответствии с этим уменьшается индуктивность L_1 первичных обмоток трансформаторов, которая связана с динамической магнитной проницаемостью $\mu_{\sim}$ формулой:

$$L_1 = 2 \frac{0,4\pi w_1^2 S}{\ell \cdot 10^8} \mu \sim \text{ или можно записать } L_1 = \kappa \mu \sim,$$

где S - площадь поперечного сечения одного сердечника, м²;
 ℓ - средняя его длина, м.

$$\kappa = \frac{0,4\pi w_1^2 S}{\ell \cdot 10^8},$$

С уменьшением индуктивности первичных обмоток ток J_1 в этих обмотках растет. Величина этого тока определяется по формуле:

$$J_1 = \frac{U_{\sim}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L_1^2}}, \quad *$$

где R - активное сопротивление первичной цепи, Ом;

ω - циклическая частота тока, рад/с

Устройство, осуществляемое по схеме приведенной выше, обычно называют дросселем насыщения или управляемым дросселем, т.к. изменяя степень насыщения его сердечников путем подмагничивания их постоянным током, можно изменить индуктивность обмоток W_1 в широких пределах.

Если последовательно с обмотками W_1 включить нагрузку R_n , показанную выше, то получится простейший магнитный усилитель, т.к. при помощи небольшой мощности постоянного тока, расходуемой в омическом сопротивлении обмоток управления W_2 можно управлять значительно большей мощностью в цепи нагрузки.

Действие магнитных усилителей основано на явлении насыщения сердечников постоянным магнитным потоком.

Выясним теперь зависимость величины тока J_1 , протекающего через обмотку W_1 сердечника, при синусоидальном напряжении $U_{\sim}$ от свойств магнитного материала и величины постоянной составляющей магнитной индукции. Пренебрегая падением напряжения на сопротивлении обмотки R , можно считать, что магнитная индукция будет в принудительном порядке изменяться по синусоидальному закону и иметь амплитудное значение B_m .

Рассмотрим графически процесс усиления в магнитном усилителе (см. рис.3.6.).

Переменной ток в обмотке W_1 создает переменное магнитное поле

в железе сердечника, характеризующее переменной магнитной индукцией $\tilde{B}$ с амплитудой B_m и в результате ее проецирования на кривую намагничивания MON получаем соответствующее изменение напряженности H_m . При подаче постоянного тока подмагничивания в обмотку W_2 образуется постоянное магнитное поле в железе сердечника, т.е. - соответственно B_- и H_- . Для получения полного поля алгебраически складываем $\tilde{B}$ (B_m) с B_- , в результате чего переменная $\tilde{B}$ смещается вверх, т.е. имеем $\tilde{B}+B_-$.

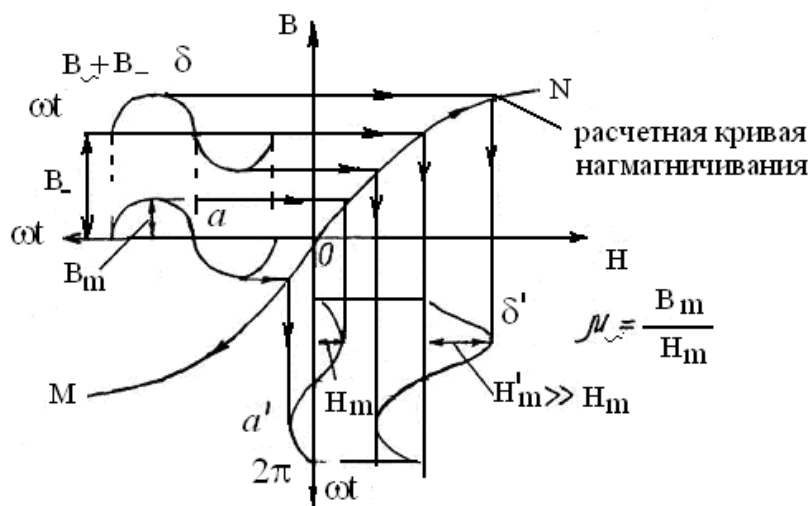


Рис.3.6. Графическая иллюстрация процесса усиления:
MON-расчетная кривая намагничивания

Аналогично проецируем ее на кривую MON и получаем H_m^1 , которая по амплитуде значительно превышает H_m , т.е. до подачи тока подмагничивания в обмотку W_2 . При этом соответственно уменьшается динамическая магнитная проницаемость $\mu_{\sim} = B_m / H_m^1$, так как $H_m^1 \gg H_m$.

В результате уменьшения $\mu_{\sim}$ величина индуктивности также уменьшается $L_1 = k\mu_{\sim}$, что в итоге приводит к уменьшению индуктивного сопротивления в цепи переменного тока $X_L = \omega L$ и как следствие, - к росту тока J_1 .

На этом явлении и основано действие магнитных усилителей.

При отсутствии подмагничивания постоянным током ($B=0$) амплитуда напряженности поля H_m и амплитуда тока будут тем меньше, чем выше магнитная проницаемость, т.е. чем круче кривая намагничивания материала сердечника.

Вследствие нелинейного характера кривой намагничивания ток J_1 в обмотке W_1 при синусоидальном напряжении на зажимах обмотки

изменяется не по синусоидальному закону.

Часто для удобства расчетов этот ток заменяют эквивалентным по действующему значению (т.е. по нагреву) синусоидальным током $J_{\sim}$.

Итак, при помощи подмагничивания постоянным током $J_{\sim}$ можно изменять в широких пределах индуктивность первичных обмоток, и следовательно, ток в первичной цепи. Если в цепь первичных обмоток последовательно включить нагрузку R_H , то мощность постоянного тока, расходуемая в цепи вторичных обмоток будет значительно меньше мощности, выделяемой в нагрузке R_H . Поэтому такое устройство является усилителем. Обмотка W_2 в которую поступает усиливаемый сигнал, называется обмоткой управления J_y или входом усилителя; обмотка переменного тока W_1 является управляемой; нагрузка R_H в цепи управляемой обмотки является выходом усилителя.

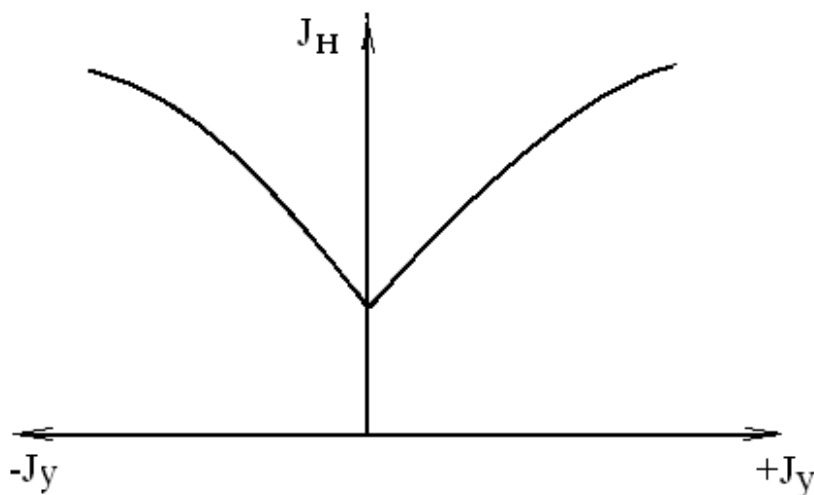


Рис.3.7. Нагрузочная характеристика магнитного усилителя

Ток, протекающий в цепи первичной обмотки называется рабочим током и обозначается J_H (J_p). В магнитном усилителе сигнал на входе (усиливаемый сигнал) изменяет индуктивность на выходе усилителя. Очевидно, что изменение индуктивности может влиять на величину тока только в цепи переменного тока, поэтому цепь нагрузки магнитного усилителя должна питаться от источника переменного тока. Сигналы, подаваемые на вход усилителя, могут быть, как постоянного, так и переменного тока с последующим выпрямителем. В тех случаях, когда усиленное напряжение должно быть постоянным, в цепь нагрузки включается выпрямитель.

Нагрузочная характеристика магнитного усилителя приведена на рис.3.7.

В магнитном усилителе усиливаемый сигнал изменяет индуктивность, включенную в цепь нагрузки.

Достоинства магнитных усилителей (МУ)

Магнитные усилители отличаются большим сроком службы, допускают значительные перегрузки, надежны в работе. В отличие от электронных усилителей, магнитные усилители не нуждаются в предварительном разогреве и готовы к действию непосредственно после включения источника питания.

КПД магнитных усилителей значительно больше, чем у электронных; коэффициент усиления мощности в магнитных усилителях может достигнуть $10^3 \dots 10^6$ в одном каскаде. Благодаря перечисленным достоинствам магнитные усилители широко применяются в устройствах автоматического регулирования, управления и контроля.

Недостатком магнитных усилителей является значительная инерционность, обусловленная индуктивностью обмоток управления.

Коэффициент усиления магнитных усилителей может быть повышен за счет:

- 1) использования специальных магнитных сплавов (пермаллой);
- 2) применения повышенной частоты переменного тока до 400 - 500 Гц;
- 3) применения обратной связи.

Сердечник из пермаллоя позволяет получить те же изменения проницаемости, что и при трансформаторной стали, но с меньшим подмагничиванием, повышение частоты питания вызывает пропорциональный рост коэффициента усиления.

В МУ с увеличением значения переменного тока растут ампервитки, создаваемые обмоткой обратной связи, следовательно, уменьшаются ампер-витки и размеры управляющей обмотки постоянного тока.

3.3. Гидравлические и пневматические усилители

Роль гидравлических усилителей выполняют три типа элементарных устройств:

- а) золотники;
- б) струйные трубки;
- в) устройства типа сопло-заслонка.

Рассмотрим принцип действия золотникового усилителя.

Золотниковый усилитель работает следующим образом. Жидкость под давлением P_H поступает в камеру, ограниченную между двумя поршнями золотника, при этом, шток золотника 1-неподвижен, кромки золотника перекрывают каналы для поступления масла в полость силового цилиндра. Шток силового поршня также находится в неподвижном состоянии.

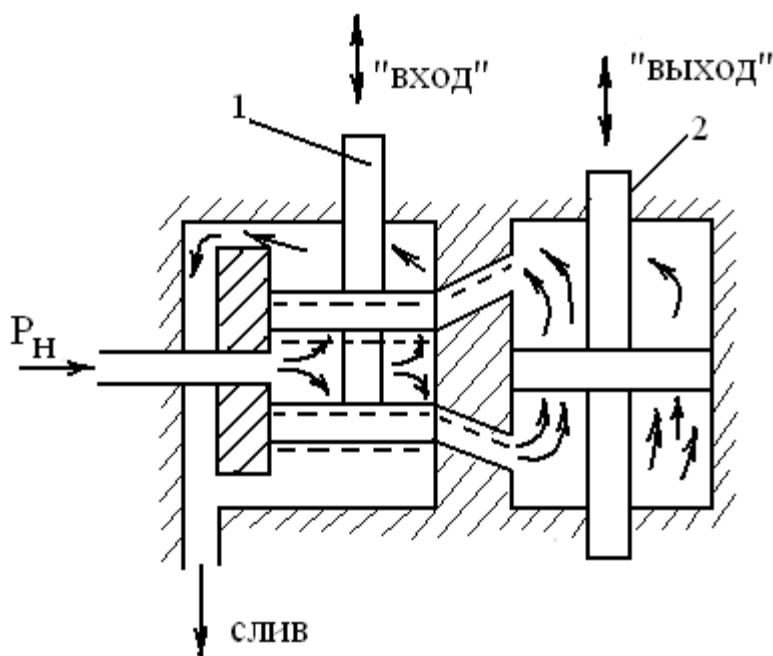


Рис.3.8. Схема золотникового усилителя:

1-шток золотника; 2-шток силового поршня; P_H - давление настройки (источник энергии); «Вход» - слабый сигнал датчика (центробежный датчик скорости); «Выход» - усиленный сигнал для подачи на регулирующий орган (исполнительный элемент автоматики).

При перемещении штока золотника «вниз» открываются каналы подачи жидкости в нижнюю полость силового цилиндра и одновременно открывается верхний канал, сообщающий верхнюю полость силового цилиндра с линией слива. При этом шток силового поршня перемещается вверх до тех пор, пока снова не перекроются каналы подачи жидкости в нижнюю полость силового цилиндра и ее выход из верхней полости. Таким образом, слабый сигнал от датчика (незначительным усилием, прикладываемым к штоку золотника достигается значительное усилие (на штоке 2), за счет использования потенциальной энергии давления жидкости P_H .

Гидравлические золотниковые усилители используются в качестве обязательного узла в регуляторах тепловозных и других дизелей, а также в гидрокопировальных суппортах колесно-токарных станков

для обточки бандажей колесных пар подвижного состава железных дорог.

Внутри корпуса 1 расположена струйная трубка 2 с коническим насадком 8, как видно по схеме, с правой стороны на трубку воздействует опирающийся на нее толкатель 7, соединенный с датчиком или другим элементом, механическое перемещение которого и представляет собой входной сигнал малой мощности, подлежащей усилению. С противоположной стороны на трубку воздействует пружина 4, работающая на оснастке. Ее начальное натяжение регулируется винтом 3. Струйная трубка каналом 5 сообщается с источником питания и имеет возможность поворачиваться на небольшой угол вокруг оси «0», расположенной перпендикулярно плоскости рисунка.

Выходной конический насадок струйной трубки окружен цилиндрическим колпачком 9 и обращен к расширяющимся приемным соплам 10, расположенным в плоскости вращения трубки. Сопла соединены трубопроводами с обеими полостями цилиндра двойного действия (исполнительного механизма).

Струйная трубка имеет диаметр 5...6 мм и длину 150...170 мм.

Диаметр конического насадка 1,8...2,0 мм, а его предельное перемещение от среднего положения составляет $\pm 1,5...2,0$ мм.

Диаметр входных окон приемных каналов несколько больше диаметра конического насадка и равен примерно 2...2,5 мм. Расстояние между внутренними кромками входных окон невелико (обычно) 0,2...0,5 мм.

Устройство со струйной трубкой работает следующим образом (см. рис.3.9.).

Гидравлическое устройство со струйной трубкой превращает кинетическую энергию движущейся массы жидкости в потенциальную энергию давления (0,6...0,8 МПа). Жидкость проходит через конический насадок струйной трубки. При этом скорость, а вместе с ней и запас кинетической энергии потока возрастает за счет падения статического напора (давления). Выходящая из конического насадка свободная струя рабочей жидкости компактна и имеет хорошо сформированную слабо коническую расходящуюся форму, которая сохраняется на довольно большом расстоянии от сопла. При прохождении приемных сопел скорость жидкости, а следовательно, и ее кинетическая энергия уменьшается, так что в трубопроводе, ведущем к рабочему цилиндру, давление повышается до тех пор пока воздействие толкателя 8 и пружины 4 уравновешены, струйная

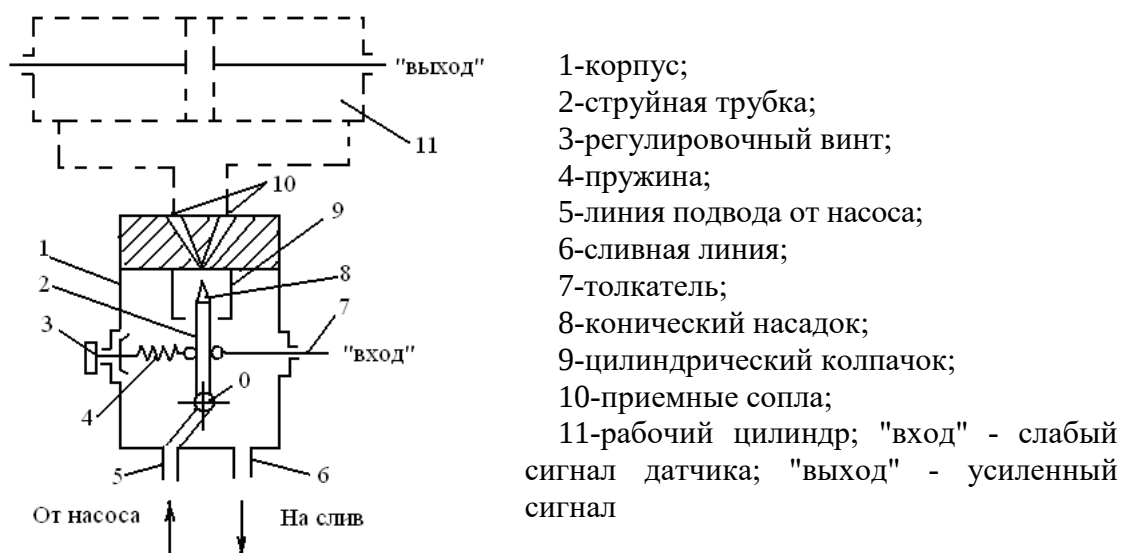


Рис. 3.9. Схема устройства со струйной трубкой:

трубка находится в нейтральном положении и струя жидкости, выходящая из струйной трубки, перекрывает оба входных окна приемных сопел одинаково. Поэтому давление жидкости по обе стороны поршня исполнительного механизма 11 одинаково и он находится в состоянии покоя.

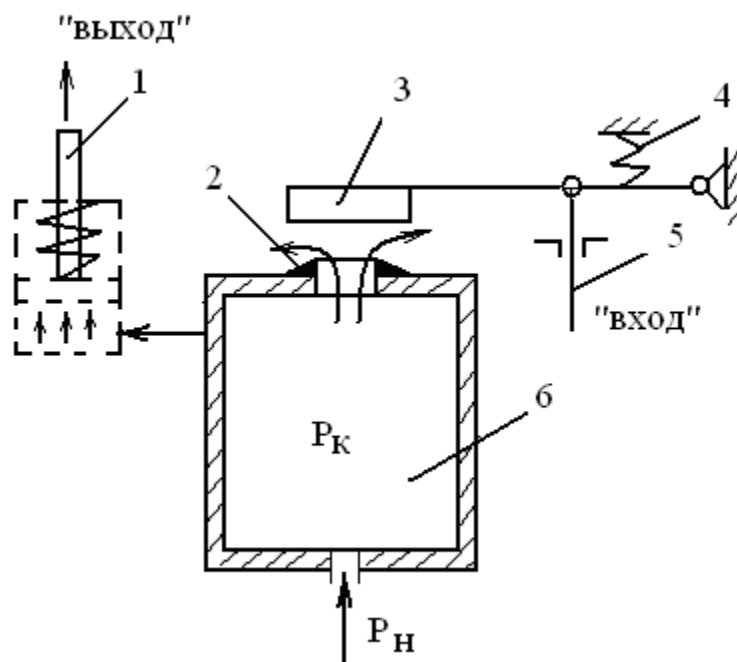


Рис.3.10. Устройство типа сопло-заслонка:

1-шток гидроцилиндра; 2-сопло; 3-заслонка; 4-пружина; 5-толкатель; 6-камера; P_H - давление насоса; "вход" - слабый сигнал датчика; "выход"-усиленный сигнал

Когда же толкатель управляющего элемента выводит струйную трубку из нейтрального положения, в одном из приемных сопел и в соответствующей полости рабочего цилиндра 11 давление P_1 возрастает, а в другой полости давление P_2 падает. В результате разницы давлений поршень исполнительного механизма начинает перемещаться и связанный с ним шток совершает необходимую операцию. Жидкость из противоположной полости цилиндра через нерабочее сопло сливается в корпусе усилителя и оттуда по трубопроводу 6 в сливной бак.

Коэффициент полезного действия струйного устройства равен 0,8...0,85, так как часть напора жидкости, подведенной к трубке, затрачивается на преодоление гидравлических сопротивлений как в самой струйной трубке, так и на пути движения потока в приемных соплах и далее к цилиндру.

Устройство типа сопло-заслонка. В системах гидроавтоматики элементы, выполненные в виде заслонок, воздействуют на истекающую из сопла струю жидкости, приближение заслонки к соплу вызывает повышение сопротивления истечению жидкости из сопла, а следовательно, рост давления P_k в камере 6 (в системе) перед входом в сопло 2. Удаление заслонки от сопла понижает это давление.

3.4. Электромагнитное нейтральное реле

Электромагнитное нейтральное реле является наиболее распространенным элементом электроавтоматики. Они находят применение во всех областях техники - в автоматическом регулировании, при автоматизации производства и т.п. Достаточно сказать, что многие автоматические защитные и управляющие системы, получившие широкое распространение (например, телефонная связь) содержат одновременно от десятка до тысячи электрических реле. Такое широкое распространение обусловлено основным свойством реле - возможностью управлять достаточно мощными процессами в исполнительных электрических цепях с помощью незначительных управляющих электрических сигналов. Коэффициент усиления электрических реле по мощности может достигать десятков тысяч.

Первое электромагнитное реле было изобретено в России П.Л.Шиллингом в 1830 г. Электромагнитное реле в общем случае является промежуточным элементом, приводящим в действие одну или несколько управляемых электрических цепей

при воздействии на него определенных электрических сигналов управляющей цепи.

Поэтому реле нельзя характеризовать только его собственными параметрами в отрыве от характеристик управляющей и управляемой электрических цепей. (Рассмотрим устройство и принцип действия электромагнитного нейтрального реле)

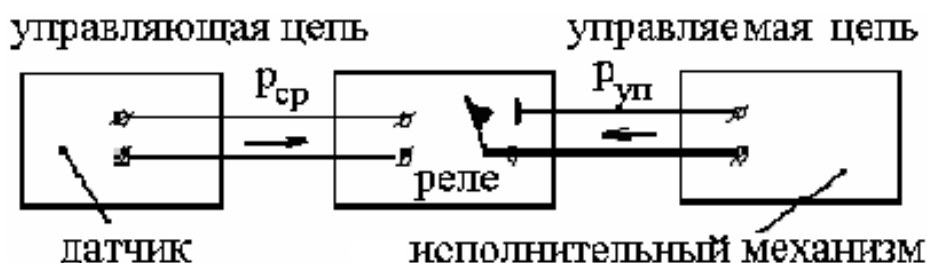


Рис. 3.11. Включение реле в схему:

$R_{ср}$ - мощность срабатывания; $R_{уп}$ - мощность управления

В качестве основных параметров, характеризующих работу реле в каком-нибудь устройстве, принимают:

1. Мощность срабатывания $R_{ср}$, т.е. электрическую мощность, которую необходимо подвести к реле от измерительной (управляющей) цепи для его надежного срабатывания, т.е. приведения в действие исполнительного механизма (замыкания управляемой цепи).

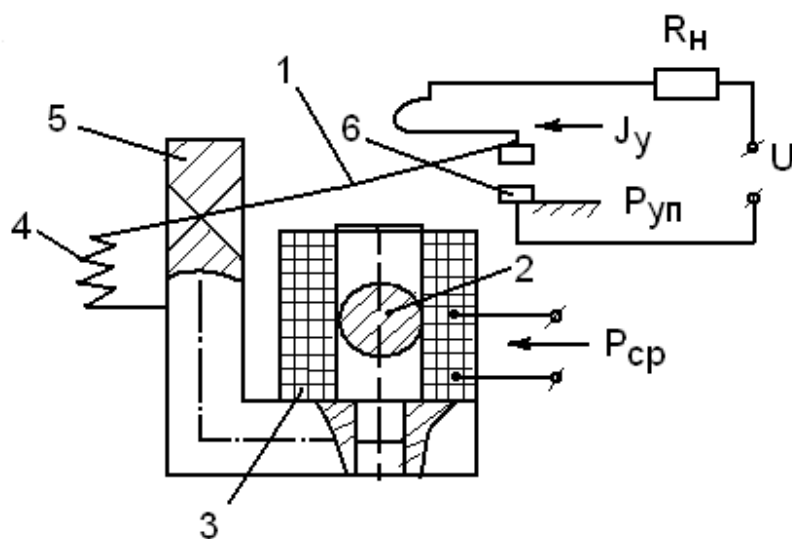


Рис.3.12. Электромагнитное реле с поворотным якорем:

1-стальной якорь; 2-сердечник; 3-обмотка; 4-пружина; 5-ядро; 6-контактная система

2. Мощность управления $R_{уп}$, т.е. ту максимальную величину электрической мощности в управляемой цепи, при которой реле еще работает надежно (по контакту реле при размыкании). При выборе электромагнитного реле необходимо разумно сочетать эти два параметра, т.к. для очень чувствительного реле (с малой величиной $R_{ср}$) $R_{уп}$ обычно невелика.

Если же требуется реле для управления электрической цепью большой мощности, то его необходимо выбрать по максимальной мощности, отдаваемой управляющей цепью. Так как значения $R_{ср}$ и $R_{уп}$ постоянны для отдельных конструкций реле, то по ним и выбираются нужный тип реле.

3. Коэффициент управления $K_{у} = R_{уп}/R_{ср}$ - величина отношения управляемой мощности к мощности срабатывания электрического реле.

4. Время срабатывания $t_{ср}$, - интервал времени от момента подачи управляющего сигнала до начала воздействия реле на управляемую цепь. Допустимая величина $t_{ср}$ определяется необходимой быстротой передачи сигнала в управляемую цепь.

По мощности управления электромагнитное реле подразделяются:

1. Маломощное реле $R_{уп} > 1$ Вт;
2. Реле средней мощности $R_{уп} = 1...10$ Вт;
3. Мощные реле $R_{уп} > 10$ Вт.

По времени срабатывания подразделяются:

1. Безинерционные реле $t_{ср} < 0,001$ с;
2. Быстродействующие реле $t_{ср} = 0,005...0,05$ с;
3. Нормальные реле $t_{ср} = 0,05...0,15$ с;
4. Замедленные реле $t_{ср} > 1$ с.

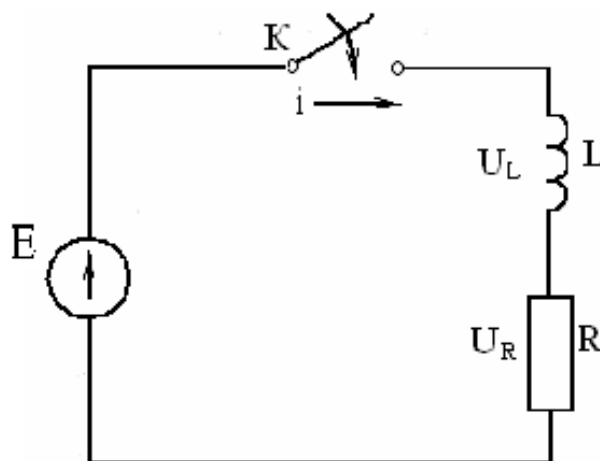


Рис.3.13. Схема замещения цепи питания реле

Реле классифицируются по надежности:

I класс надежности - возврат якоря при выключении обеспечивается с максимальной гарантией под действием веса якоря.

II класс надежности - как под действием веса якоря, так и под действием реакции пружины

III класс - облегченного типа.

Рассмотрим процесс нарастания тока i в катушке реле, содержащей индуктивность L и сопротивление R после подключения к источнику постоянной эдс E . (смотри рис.3.13.), переходной процесс (смотри рис.3.14).

Уравнение электрического состояния при включении ключа K имеет вид

$$L \frac{di}{dt} + iR = E,$$

решение этого уравнения приводит

$$i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{T}}),$$

где $T = \frac{L}{R}$ - постоянная времени обмотки реле;

e - основание натуральных логарифмов;

t - время текущее.

По оси ординат отложена величина сигнала X (ток, напряжение, мощность), на который реагирует реле. Сигнал появляется в момент времени, принимаемый за начальный ($t=0$) и за счет инерционности управляющей цепи его величина будет нарастать так же, как и убывать, не мгновенно, а по какой-то кривой. По оси абсцисс отложено время текущее t .

Работа реле состоит из 4х этапов.

Этап I - срабатывание реле. Длительность этого этапа называется временем срабатывания и равна промежутку времени от момента появления управляющего сигнала до момента начала воздействия реле на управляемую цепь (точка А). Величина управляющего сигнала $X_{ср}$, соответствующая концу этого промежутка, называется сигналом (ток, напряжение) срабатывания.

Время срабатывания реле в общем случае состоит из двух интервалов - времени трогания реле $t_{тр}$ и времени движения реле $t_{дв}$,

т.е. $t_{cp} = t_{тр} + t_{дв}$, $t_{тр}$ -промежуток времени от момента появления управляющего сигнала до начала перемещения подвижной части (точка «а») реле, а время движения $t_{дв}$ промежуток времени от момента начала перемещения подвижной части реле (например, начало движения якоря электромагнитного реле) до начала воздействия на управляемую цепь (например, момент замыкания контактов реле, точка А).

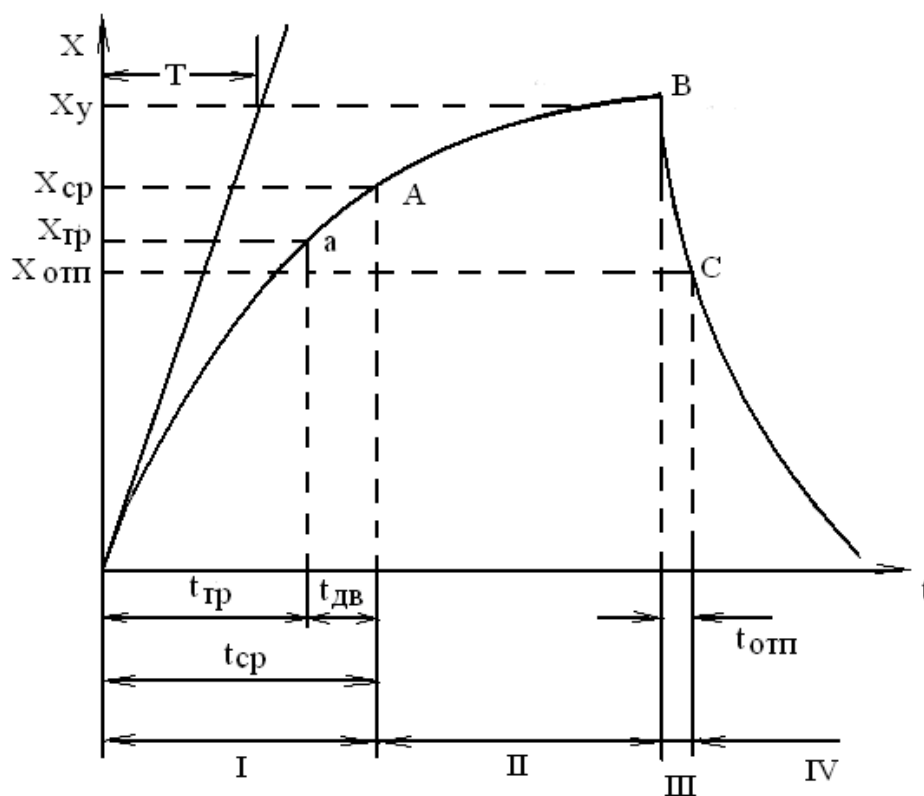


Рис.3.14. График переходного процесса реле

Этап II - работа реле - длится от момента начала воздействия на управляемую цепь до момента прекращения управляющего сигнала (точка В). В течение этого этапа величина $X > X_{cp}$ и может достигнуть некоторого установившегося значения X_u , определяемого электрическими параметрами управляющей цепи.

Отношение X_u/X_{cp} — называется коэффициентом запаса реле (1,2...1,3) по срабатыванию, т.е. показывает надежность срабатывания реле. Величина X_u не должна быть больше определенного значения, допустимого по условиям теплового нагрева реле и характеризующего его перегрузочную способность.

Этап III - отпущение реле - длится от момента прекращения управляющего сигнала (точка В) до момента прекращения

воздействия на управляемую цепь (точка С). Этот промежуток времени называется временем отпускания реле $t_{от}$ и характеризуется величиной $X_{от}$ сигнала отпускания, при которой прекращается воздействие реле на управляемую цепь (например, размыкания контактов реле) Во многих случаях $X_{ср}$ не равно $X_{от}$.

Отношение $X_{от}/X_{ср} = K_v$ - называется коэффициентом возврата реле. Время отпускания реле также состоит из времени трогания при отпускании $t_{тр}$ и времени движения $t_{дв}$. т.е. $t_{от} = t_{тр} + t_{дв}$

Этап IV - покой реле - охватывает промежуток времени от момента прекращения воздействия реле на управляемую цепь до момента появления следующего управляющего сигнала.

При быстром следовании управляющих друг за другом реле характеризуют еще и максимальной частотой срабатывания, т.е. максимально возможным при нормальной работе количеством отдельных и не зависимых друг от друга (надежность реле).

Поляризованное реле отличается от обычного электромагнитного реле наличием дополнительного постоянного магнита и зависимостью направления перемещения якоря от полярности намагничивающего тока (см. рис. 3.15.). В сочетании с высокой чувствительностью, большим коэффициентом управления и малым временем срабатывания возможность реагирования на полярность управляющего сигнала делает поляризованные реле

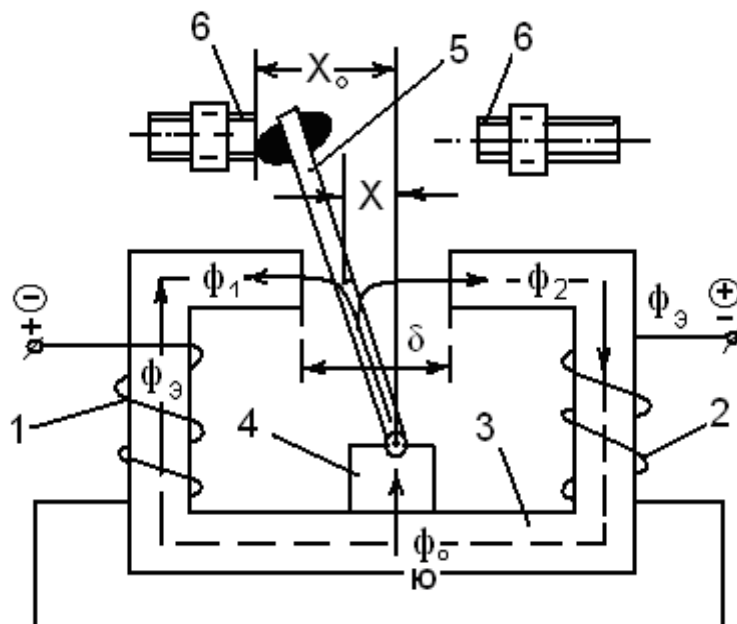


Рис. 3.15. Схема поляризованного реле:

1,2 - намагничивающие катушки; 3 - стальное ярмо; 4 - постоянный магнит; 5 - подвижный якорь; 6 - неподвижные контакты; F-сила притяжения якоря

незаменимыми в маломощной автоматике, в особенности для маломощных электрических следящих систем, в которых направление вращения электродвигателя должно зависеть от полярности управляющего сигнала.

Сила притяжения якоря определяется по формуле:

$$F = \Phi_0 X / 4\pi \cdot S_B \delta,$$

где Φ_0 -магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом;

X -величина смещения якоря;

S_B -площадь сечения воздушного зазора;

δ -воздушной зазор.

Основными деталями конструкции являются намагничивающие катушки 1 и 2, создающие в стальном ярме 3 магнитный поток Φ , одинакового направления и постоянный магнит 4, создающий магнитный поток Φ_0 . Поток Φ_0 проходит через стальной подвижный якорь 5 и разветвляется по двум частям ярма на 2 потока Φ_1 и Φ_2 , один из которых совпадает, а другой противоположен по направлению магнитному потоку намагничивающих катушек. Перемещение якоря происходит в воздушном зазоре ярма и ограничивается неподвижными контактами 6. На конце якоря имеется средний контакт, замыкающийся в зависимости от полярности управляющего сигнала в намагничивающих катушках с левым или правым неподвижными контактами.

Принцип работы поляризованного реле заключается в следующем. При отсутствии управляющего сигнала (т.е. потока Φ_0) на якорь, установленный в нейтральное, (вертикальное) положение, в котором $\Phi_1 = \Phi_2$, слева и справа действуют одинаковые силы притяжения $F_{\text{прав.}} = F_{\text{лев.}} = \Phi_0^2 / (4 \cdot 8\pi S_B)$.

Результирующая сила F , действующая на якорь, равна нулю, он должен находиться в равновесии. Однако это равновесие ничем не поддерживается и является неустойчивым, т.е. практически никогда не может быть достигнуто.

Достаточно хотя бы очень небольшого смещения якоря от нейтрального положения, чтобы изменилась величина - магнитного сопротивления воздушных зазоров слева и справа от якоря, а значит, изменились и величины магнитных потоков. Для положения, показанного на рис.3.15. имеем.

$$\Phi_1 = \Phi_0 / 2 + \Delta\Phi, \quad \Phi_2 = \Phi_0 / 2 - \Delta\Phi,$$

где $\Delta\phi$ - изменение величины потоков ϕ_1 и ϕ_2 при перемещении якоря.

Следовательно, результирующая сила F уже не будет равна нулю и заставит якорь двигаться влево (или вправо, в зависимости от начального смещения якоря), причем величина ее по мере движения якоря будет все время нарастать результирующая сила $F = P_{лев} - F_{пр} = (\phi_1^2 - \phi_2^2) / 8\pi S_B = 2\phi_0 \Delta\phi / 2\pi S_B$.

Сила притяжения якоря пропорциональная квадрату магнитного потока постоянного магнита и смещению якоря X , зависящему от смещения X_0 контакта относительно нейтральной линии (т.е. от регулирования контакта) составит

$$F = \frac{\phi_0^2 X}{4\pi \cdot S_B \delta},$$

Подадим теперь в обмотку реле управляющий сигнал такой полярности, чтобы создать поток ϕ_3 в направлении указанном на рис.3.15. стрелкой, по величине, больший, чем поток $\Delta\phi$, принимающий якорь к левому контакту.

Тогда якорь реле перебросится в правое положение, а если затем изменить полярность сигнала, то он вернется опять в левое положение.

Следовательно, положение якоря и замыкание контактов зависит от полярности управляющего сигнала.

Условием срабатывания реле, очевидно, будет неравенство

$$\phi_3 \geq \Delta\phi$$

Общая величина магнитных потоков в левой и правой частях воздушного зазора будет равна соответственно

$$\begin{aligned}\phi_{лев} &= \frac{\phi_0}{2} + \Delta\phi - \phi_3, \\ \phi_{пр} &= \frac{\phi_0}{2} - \Delta\phi + \phi_3,\end{aligned}$$

После переброски якоря в правое положение знаки $\Delta\phi$ в этих выражениях изменятся. Поэтому, учитывая, что $\phi_3 = \Delta\phi$, получим для правого положения якоря

$$\phi_{лев} = \frac{\phi_o}{2} - 2\Delta\phi,$$

$$\phi_{пр} = \frac{\phi_o}{2} + 2\Delta\phi,$$

При этом результирующая сила притяжения якоря будет вдвое больше, чем сила притяжения в нерабочем положении (при отсутствии управляющего сигнала).

$$F_3 = \frac{\phi_{лев}^2 - \phi_{пр}^2}{8\pi SB} = \frac{4\phi_o\Delta\phi}{8\pi SB} = \frac{\phi_o^2}{2\pi SB} \frac{X}{\delta} = 2F,$$

В отличие от обычного электромагнитного реле, силы, создаваемые намагничивающей катушкой и постоянным магнитом, играющим роль, аналогичную роли упругих пружин электромагнитного реле, складываются.

Этим и объясняется, что при очень малой управляющей мощности поляризованные реле могут управлять относительно мощными электрическими цепями. Время срабатывания реле мало, благодаря тому, что после перехода якорем нейтрального положения сила притяжения быстро возрастает в два раза, в то время как противодействующая сила падает до нуля.

Для управления поляризованным реле достаточна мощность 2...30 мВт, для электромагнитного реле – 500...800 мВт; для управления магнито - электрическим реле достаточно мощности $10^8 \dots 10^3$ Вт.

Настройка поляризованного реле. В рассмотренном реле неподвижные контакты были расположены по обе стороны от нейтральной линии магнитной системы. При такой «нейтральной» настройке контактов якорь реле при выключении управляющего сигнала остается в том же положении, в котором он был при включенном управляющем сигнале (см.рис.3.16, а).

Для переключения якоря в другое положение необходимо приложить управляющий импульс другой полярности, после снятия которого якорь опять останется в том же положении.

Изменением расположения неподвижных контактов можно осуществить и другой режим работы реле - настройка контактов «на преобладание» (см.рис.3.16, б), когда один из контактов выдвигается за нейтральную линию. В этом случае при выключенном реле якорь будет всегда оставаться на левом (или правом, если за нейтральную

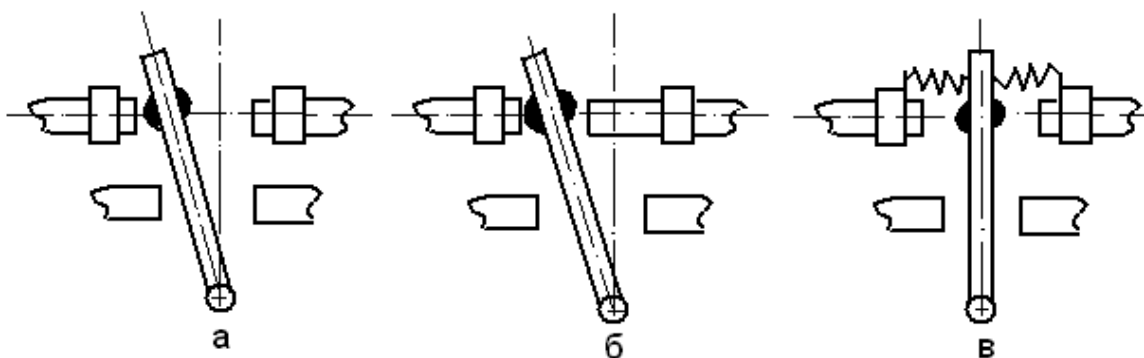


Рис.3.16.Схемы настройки поляризованного реле:

а - нейтральная; б - «на преобладание»; в - трехпозиционная

линию выдвинуть левый контакт) контакте, так как во всем возможном диапазоне его перемещений результирующая сила притяжения, создаваемая постоянным магнитом, всегда направлена влево. Этого же результата можно добиться и при нейтральном регулировании контактов созданием некоторой магнитной асимметрии, при которой результирующая сила притяжения, всегда будет действовать в одну сторону. На схеме (см.рис.3.16, в) показана трехпозиционная настройка реле, когда якорь при выключенном управляющем сигнале удерживается в среднем нейтральном положении с помощью специальных пружинок или закрепляется на плоской пружине, упругость которой создает устойчивость равновесия в среднем положении. Такой тип реле особенно пригоден для следящих систем, когда необходимо выключить электродвигатель в момент согласования осей, т.е. при отсутствии управляющего сигнала.

Реле типа РП-4 имеет нейтральную настройку, РП-5 трехпозиционную и РП-7 имеет настройку «на преобладание», номинальный длительный ток - 0,2 А.

Глава 4

Исполнительные элементы (механизмы) автоматики

4.1. Общие сведения

Исполнительные элементы (ИЭ) автоматики предназначены для перемещения регулирующих органов в системах релейного или

непрерывного автоматического регулирования и управления в соответствии с командными сигналами от усилителей и управляющих устройств.

В зависимости от вида применяемой энергии ИЭ разделяются на электрические, пневматические и гидравлические. Электрические исполнительные механизмы представляют собою электродвигатели постоянного и переменного тока, электромагниты, шаговые электродвигатели, электромагнитные муфты трения и скольжения. Гидравлические и пневматические механизмы представляют собою гидро и пневмодвигатели.

Гидродвигатели с возвратно-поступательным прямолинейным движением исполнительного органа представляют собою гидроцилиндры, которые часто называют серводвигателями. Пневмодвигатели в эксплуатации проще и экономичнее гидродвигателей. Они работают при давлении воздуха до 0,6 МПа, чтобы обеспечить безопасность работы.

В зависимости от исполнительного механизма различают тип привода. Привод представляет собою совокупность исполнительного элемента и передаточного механизма, например, передача вращающего момента тягового электродвигателя тепловоза посредством тягового редуктора – колесной паре – электропривод.

Во многих системах автоматического регулирования применяются в качестве исполнительных элементов силовой части электроприводы, главным образом, постоянного тока.

Электропривод постоянного тока имеет преимущества перед другими типами электрических приводов по ширине диапазона плавного регулирования скорости при относительно небольших потерях энергии и благоприятных моментных характеристиках. Благодаря этим свойствам он широко применяется в тех промышленных и специальных объектах, где требуется широкий диапазон плавного изменения скорости и где нагрузка имеет ударный или толчкообразный характер.

Диапазон мощностей, на которые в настоящее время строятся электроприводы постоянного тока, очень велик (от малых долей киловатта - приборные приводы, до десятков тысяч киловатт - приводы прокатных станов).

В процессе работы скорость двигателя находится в непрерывном изменении. Очевидно, исполнительные двигатели в этом случае должны обладать такими характеристиками, которые допускали бы возможность регулирования скорости в достаточно широких

пределах.

Регулирование скорости может осуществляться различными способами, применение и оценка которых зависит от таких показателей как:

- 1). $V_{\max}/V_{\min}$ при постоянном значении вращающего момента;
- 2). Плавность регулирования;
- 3). Быстродействие.

Существует два основных способа регулирования скорости двигателей, в соответствии с этим и существует два основных типа исполнительных элементов с двигателями постоянного тока:

- 1). элементы с нерегулируемым возбуждением и управляемым напряжением, подводимым к якору;
- 2). элементы с управляемым возбуждением и нерегулируемым постоянным напряжением в цепи якоря.

Второй способ регулирования прост в осуществлении, но имеет крупные недостатки. При этом способе регулирования получить отношение максимальной скорости к минимальной $V_{\max}/V_{\min}$ больше 3-4 не удастся, что ограничивает диапазон изменения скорости. Кроме того, способ регулирования изменением тока возбуждения создает условия, при которых быстродействие привода снижается, в особенности, при малых токах возбуждения. По этим причинам регулирование скорости двигателя изменением потока возбуждения в следящих приводах получило значительно меньшее распространение по сравнению со способом регулирования скорости изменением напряжения на якоре.

4.2. Электромагнитные муфты трения и скольжения

Такие исполнительные элементы обладают существенными преимуществами по сравнению с обычными электрическими двигателями.

Они позволяют получать значительно большее ускорение, так как момент инерции вращающихся частей, связанных с выходным валом муфт, может быть сделан весьма малым. Кроме того, системы регулирования, включающие исполнительный элемент с электромагнитной муфтой, как правило, значительно проще по конструкции и схеме и надежнее в работе.

В настоящее время электромагнитные муфты применяются во многих системах автоматического регулирования: от маломощных следящих систем и вычислительных устройств до мощных

регуляторов.

Однако электромагнитные муфты еще не получили достаточно широкого распространения в системах автоматического регулирования средней мощности.

Это объясняется отсутствием в настоящее время в промышленности разработанных конструкций электромагнитных муфт и трудностью расчета систем автоматического регулирования, содержащих исполнительный элемент с электромагнитной муфтой.

В будущем исполнительные элементы с электромагнитными муфтами найдут широкое применение в технике автоматического регулирования, так как они позволяют построить высококачественных, простые и надежные системы.

Электромагнитные муфты должны отличаться большим коэффициентом усиления по мощности, высокой надежностью и долговечностью работы при простоте конструкции. Электромагнитные муфты, применяемые в качестве исполнительного элемента в системах автоматического регулирования, подразделяются на два основных типа:

1. Электромагнитные муфты трения;
2. Электромагнитные муфты скольжения.

Электромагнитные муфты трения разделяются на две группы:

- 1) муфты сухого трения;
- 1) муфты вязкого трения или магнитно-эмульсионные муфты.

К I типу относятся все электромагнитные муфты, в которых вращающий момент на выходном валу создается путем трения.

К II типу - электромагнитные муфты, у которых вращающий момент на выходном валу получается взаимодействием токов, возникающих в роторе, с вращающим магнитным потоком статора.

В муфтах второго типа непосредственного механического контакта между частями, передающими вращающий момент, нет, благодаря чему эти муфты имеют ряд преимуществ по сравнению с муфтами первого типа. Например, электромагнитные муфты скольжения не боятся перегрузок.

Муфты сухого трения. В электромагнитных муфтах сухого трения две поверхности трения прижимаются друг к другу силой, создаваемой электромагнитом. Основными элементами их являются: поверхности трения, осуществляющие сцепление их, обмотка, создающая магнитный поток и магнитопровод, направляющий и формирующий магнитный поток. Поверхности трения могут быть

выполнены в виде нескольких дисков и конических поверхностей. Однако, наибольшее распространение получили муфты дискового типа (см.рис.4.1.).

Существуют также многодисковые муфты, применяемые в станкостроительной промышленности

В данной схеме магнитный поток замыкается через якорь, который воздействует на ряд дисков, изготовленных из листовой стали толщиной около 1 мм и имеющих вырезы, увеличивающие сопротивление магнитному потоку в радиальном направлении.

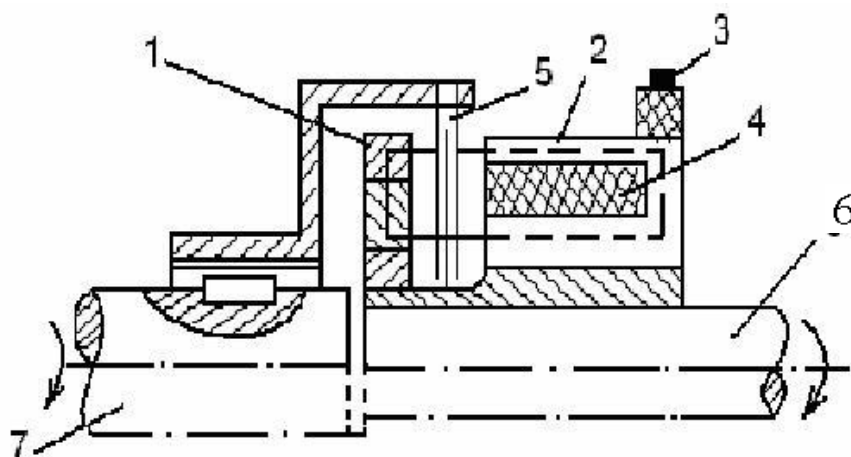


Рис. 4.1. Муфта сухого трения:

1 - якорь; 2 - магнитопровод; 3 - контактные кольца; 4 - обмотка; 5- диски трения.

Якорь муфты состоит из двух концентрических колец, которые могут смещаться относительно друг друга, чем достигается более равномерное нажатие на диски трения. Обмотка муфты размещена в кольцевой выточке корпуса магнитопровода, изготовляемого из железа армко.

Конструкции муфт трения подразделяются по направлению вращения выходного вала (реверсивные и нереверсивные), по признаку подвижности катушки возбуждения (с подвижной катушкой и неподвижной катушкой) и по виду поверхностей трения.

В системах автоматического регулирования эти муфты работают следующим образом: Одна из половин муфты (6,7), передающая вращающий момент, приводится в движение с постоянной скоростью двигателя. В цепь обмотки муфты включается реле или прерыватель, периодически размыкающий ее цепь, изменяя время включения и отключения, можно регулировать скорость вращения выходного вала. Параметры муфты данного типа разделяются на

статические и динамические.

К статическим относятся:

1). Максимальный вращающий момент, который передает муфта на нагрузку;

2). Мощность, необходимая для управления его;

3). Максимально допустимая скорость вращения. Эти параметры определяются конструктивными данными муфты и могут быть найдены соответствующим расчетом или экспериментально.

Вращающий момент муфты (если она не работает в режиме периодического включения), имеет в установившемся режиме постоянную величину и практически не поддается регулировке путем изменения тока в обмотке управления, так как это приводит к проскальзыванию дисков трения и перегреву муфты.

Величина момента, передаваемого муфтой трения при одних и тех же размерах и мощности управления в несколько раз больше чем у муфт другого типа. Поэтому отношение передаваемой мощности к мощности управления в правильно сконструированных образцах муфт достигает 30 и более.

Мощность, затрачиваемая на управление в муфтах средних размеров (до 1...2 кВт) исчисляется всего десятками ватт. Максимально допустимая скорость вращения муфты теоретически не имеет ограничений и обуславливается механической прочностью ее деталей.

К динамическим параметрам муфты относятся время, необходимое для полного сцепления поверхностей трения, а также изменение передаваемого момента и скорости вращения после подключения обмотки муфты к источнику напряжения. Эти параметры определяются переходным процессом муфты. Переходный процесс включает в себя три этапа. При подключении обмотки муфты к источнику напряжения появляется магнитный поток, который, увеличиваясь, приводит в движение диск трения.

I этап, начинается с момента включения напряжения в обмотку и заканчивается в момент соприкосновения поверхностей трения. В течение этого периода сцепление поверхностей трения отсутствует, ведомый диск неподвижен. Длительность этого этапа определяется параметрами муфты.

II этап, начинается с момента соприкосновения поверхностей трения и заканчивается в момент полного их сцепления (когда нагрузка полностью присоединена к двигателю). В течение этого периода происходят проскальзывание поверхностей трения и

уменьшение скорости вращения двигателя (если его механическая характеристика не является достаточно жесткой) до тех пор, пока скорость вращения нагрузки и двигателя сравняются т.е. наступит полное сцепление.

III этап, начинается после установления полного сцепления и заканчивается, когда нагрузка приобретает номинальную скорость вращения двигателя.

В системах автоматического регулирования сравнительно небольшой мощности наиболее важным является исследование первого и второго этапов переходного процесса. Однако при работе муфты в режиме периодического включения и отключения часто даже второй этап не успевает окончиться.

Продолжительность (длительность) первого этапа (t_1) может быть определена по формуле:

$$t_1 = 4 \sqrt{\frac{12mW^2 X_0}{KU^2}},$$

где X -перемещение якоря;

m - масса подвижных частей;

W - число витков;

K - постоянный коэффициент;

X_0 -начальный воздушный зазор;

U -напряжение обмотки муфты

На рис. 4.2. приведен график переходного процесса.

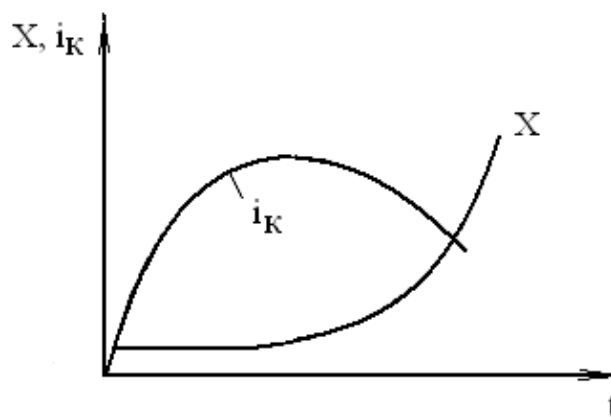


Рис. 4.2. График переходного процесса (1 этап):

i_K - ток катушки; X – перемещение ведомого диска

Магнитно-эмульсионные (или порошковые) муфты по принципу работы относятся к электромагнитным муфтам трения, выгодно отличаясь от последних характеристиками.

Действие магнитно-эмульсионной муфты основано на следующем. Если порошок, изготовленный из ферромагнитного материала (например, железа), поместить в магнитное поле, то сцепление частиц увеличится и они лишатся относительной подвижности.

Порошок, помещенный между поверхностями ведущей и ведомой частей муфты при создании магнитного поля путем включения тока в обмотку электромагнита, расположенного соответствующим образом, может осуществить между ними связь.

Рассмотрим принцип действия схемы магнитно-порошковой (см.рис.4.4.) муфты. Она состоит из ведущего 1 и ведомого 2 барабанов, пространство между которыми заполнено распыленным железом 3. При подаче тока управления J_y в обмотку катушки 4 порошок намагничивается, благодаря чему происходит сцепление барабанов 1 и 2 между собой.

Чтобы порошок был равномерно распределен между поверхностями, передающими момент, его в определенной пропорции смешивают с маслом.

Существуют также муфты, в которых применяются твердые смеси железного порошка, например с графитом, окисью цинка, тальком.

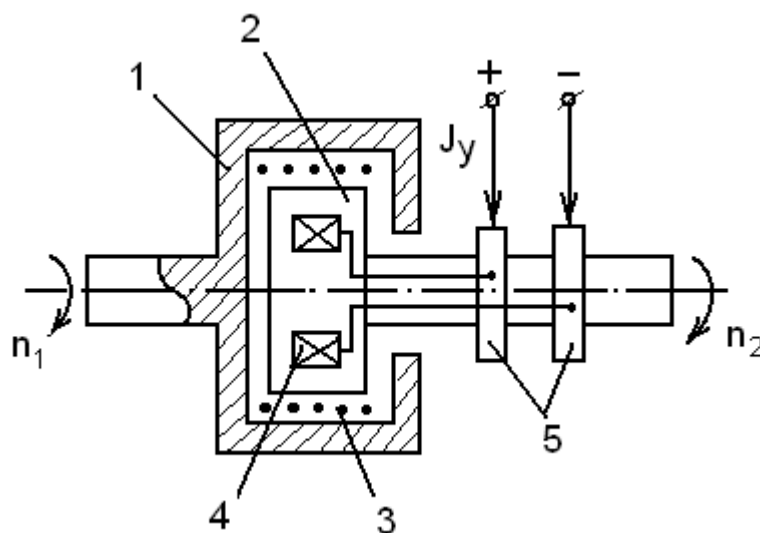


Рис.4.3. Схема магнитно-порошковой муфты:

1-ведущий барабан; 2-ведомый барабан; 3-железо распыленное (порошок); 4-обмотка катушки; 5-контактные кольца

Смесь ферромагнитного порошка под воздействием магнитного поля, как бы затвердевает, образуя сцепляющий слой, обладающий сопротивлением сдвигу; величина этого сопротивления зависит от

величины магнитного потока, а следовательно, от тока в обмотке катушки возбуждения. Таким образом, имеется возможность регулировать вязкость смеси и величину передаваемого муфтой момента.

Минимальная величина момента на выходном валу муфты определяется вязкостью масла и числом металлических частиц, заключенных в единице его объема.

В отличие от электромагнитных муфт сухого трения, в которых передаваемый момент практически не может регулироваться путем изменения тока в обмотке электромагнита, в магнитно-эмульсионных муфтах передаваемый момент увеличивается с увеличением тока, что позволяет использовать их в сервоприводах, служащих для точной регулировки скорости. Другое преимущество этих муфт состоит в том, что момент на их выходном валу почти не зависит от скорости вращения. В них отсутствует трение между сплошными твердыми поверхностями, поэтому износ их деталей меньше, чем у муфт сухого трения.

Однако, несмотря на эти преимущества, магнитно-эмульсионные муфты обладают рядом недостатков и до сих пор являются предметом исследования. Основными вопросами, требующими разрешения при разработке муфт, являются:

- а) предотвращение оседания частиц из смеси или их уплотнения под действием ускорения;
- б) подбор сорта масла или другой жидкости, удовлетворяющей условиям малого испарения и невоспламенения при высоких температурах;
- в) охлаждение муфты;
- г) создание надежных уплотнений, предохраняющих от попадания металлических частиц и предотвращающих вытекание масла.

Конструктивно магнитно-эмульсионные муфты могут выполняться весьма разнообразно, отличаясь расположением катушек, формой магнитопровода, рабочего зазора, ведомой части и т.д.

В настоящее время вместо эмульсии (порошок с маслом) используется чистый порошок из карбонильного железа, т.е. без масла.

Характеристики магнитно-порошковой муфты (МПМ). Основными характеристиками МПМ являются:

1. Зависимость передаваемого муфтой момента M от тока управления I_y при заторможенной ведомой части муфты ($M=f(I_y)$, (см.рис.4.4.);

2. Зависимость передаваемого момента от скорости вращения $M=f(\omega)$, (см.рис.4.5.).

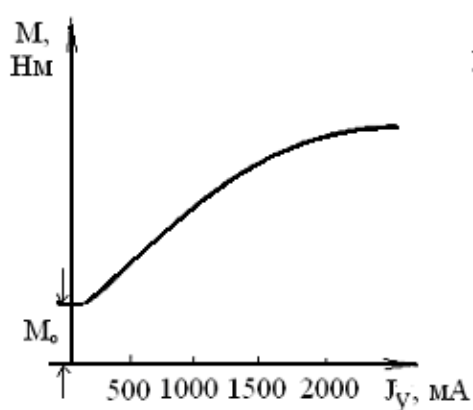


Рис.4.4.

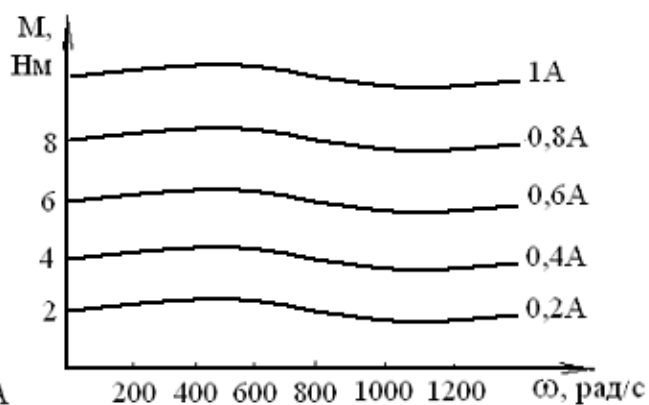


Рис.4.5.

3. Зависимость передаваемого момента M (см.рис.4.6.) от коэффициента состава смеси $M=f(K_0)$, коэффициент состава смеси определяется из выражения $K_0 = \frac{1}{1 + \alpha}$,

где α -отношение в % доли масла к порошку.

4. Зависимость вращающего момента M_0 (при $I_b=0$) от частоты вращения $M_0=f(\omega)$, (см.рис. 4.7.).

Аналитические зависимости, по которым с достаточной точностью можно было бы построить указанные характеристики получить затруднительно из-за сложности явлений, происходящих в муфте. Поэтому приведем экспериментальные кривые.

Большое влияние на величину передаваемого момента оказывает количество частиц железного порошка (см.рис. 4.6.), заключенных в единице объема смеси (коэффициент состава смеси).

С увеличением количества частиц порошка передаваемый момент увеличивается. Если этих частиц в смеси слишком много, ухудшается регулировка муфты и повышается величина момента, действующего на ведомые части при выключенной обмотке электромагнита $M_0=f(\omega)$.

Из графика (см.рис.4.7.) видно, что величина момента M_0 , возникающего под действием на ведомые части сил вязкого трения, сильно возрастает при увеличении скорости вращения относительно друг друга ведущей и ведомой частей. Это является одним из препятствий при применении магнитно-эмульсионных муфт при больших скоростях вращения.

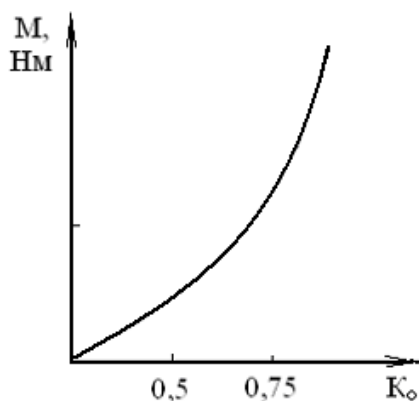


Рис. 4.6.

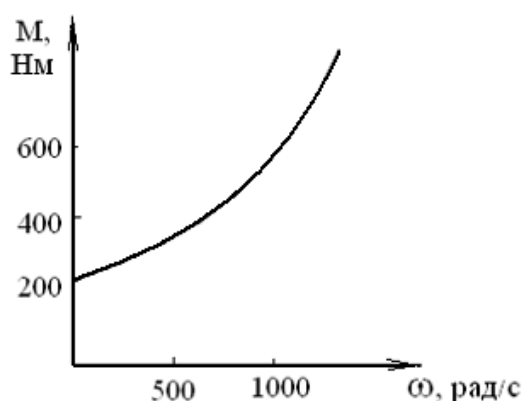


Рис.4.7.

Изменение момента M при длительной работе муфты получается вследствие уплотнения смеси под действием центробежных сил на частицы железа.

Важной характеристикой муфты при использовании ее в качестве исполнительного и регулирующего органа является время переходного процесса, протекающего в магнитно-эмульсионной муфте весьма быстро. Опыт показывает, что для муфт небольшой мощности через $0,02...0,035$ с. передаваемый момент достигает своей номинальной величины, что позволяет отнести такие муфты к классу наиболее быстродействующих.

Электромагнитная муфта скольжения. Рассмотрим принцип действия электромагнитной муфты скольжения (см. рис 4.8.).

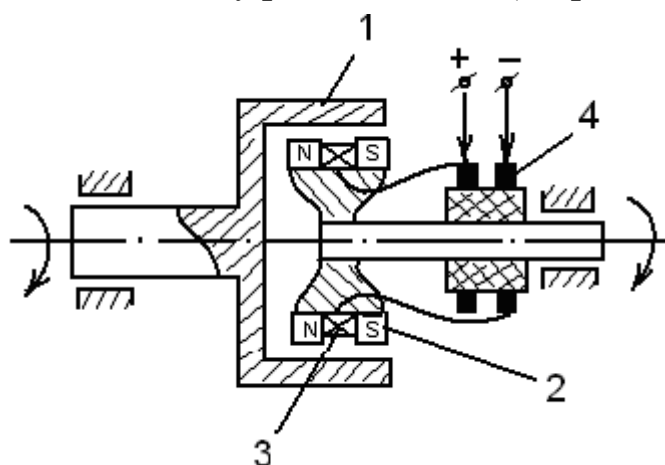


Рис.4.8. Электромагнитная муфта скольжения:

1-ведомая часть (в виде короткозамкнутого ротора, массивного; 2-полюса электромагнита; 3-обмотка; 4-контактные кольца

В электромагнитных муфтах скольжения магнитное поле, связывающее ведомую и ведущую части муфты, так же как и в

муфтах трения, создается постоянным током.

Однако по принципу действия, так и по основным характеристикам электромагнитные муфты скольжения ближе всего примыкают к асинхронным двигателям.

Вращающееся магнитное поле в этих муфтах, пересекая токопроводящие элементы одной из частей муфты (чаще ведомой), наводит в них ток, взаимодействие которого с магнитным полем и создает вращающий момент, прикладываемый к ведомой части муфты.

Скорость вращения ведомой части муфты обычно меньше, чем скорость вращения магнитного поля.

От асинхронного двигателя, так же как и от электромагнитных муфт трения, электромагнитные муфты скольжения выгодно отличаются тем, что их вращающие моменты и скорости вращения легко поддаются регулированию путем изменения тока возбуждения.

К недостаткам таких муфт следует отнести наличие значительной нелинейности характеристик и главным образом большим моментом инерции ведомых частей муфты, что значительно усложняет стабилизацию системы и увеличивает время переходного процесса.

Рассмотрим принципиальную схему электропривода с индукторной муфтой скольжения (см.рис.4.9.).

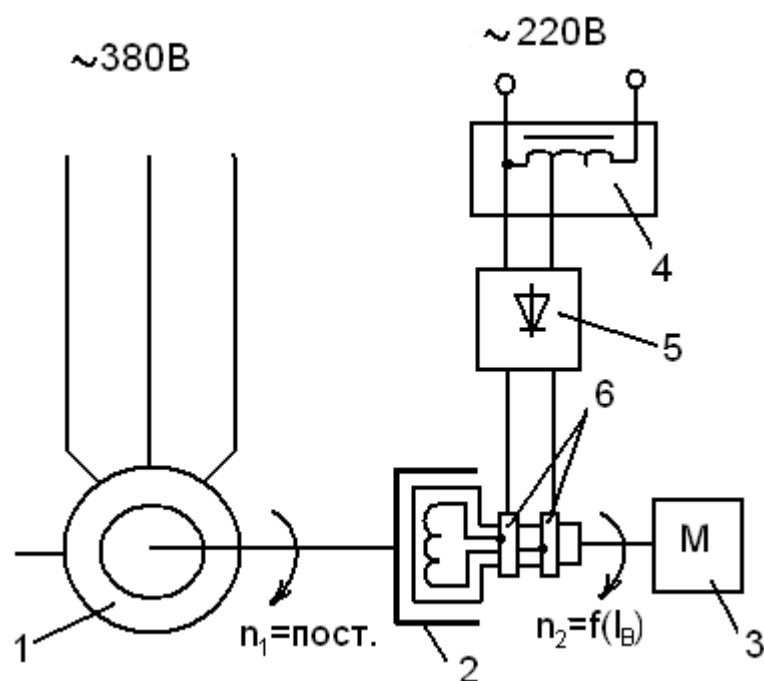


Рис.4.9. Принципиальная схема электропривода с индукторной муфтой скольжения (ИМС):

1-асинхронный двигатель; 2-индукторная муфта скольжения; 3-механизм; 4-

вариатор напряжения; 5-выпрямитель; 6-контактные кольца

Индукторная муфта 2 состоит из якоря, соединенного с входным валом (вал асинхронного двигателя) и индуктора, соединенного с выходным валом (вал привода механизма М), индуктор - разъемный. В круговом пазу между двумя рядами зубцов его размещается тороидальная обмотка возбуждения постоянного тока 3. При отсутствии тока в обмотке возбуждения якорь вращается вхолостую, а индуктор неподвижен. При подаче тока в катушку возникает магнитный поток, замыкающийся через якорь и индуктор.

Вследствие неодинаковых магнитных сопротивлений воздушного зазора над зубцами и впадинами индуктора распределение магнитного поля по окружности якоря будет неравномерным. Магнитная индукция якоря будет неравномерным. $B_{\max}$ - имеет место над зубцам и $B_{\min}$ - над впадинами (см.рис. 4.10.).

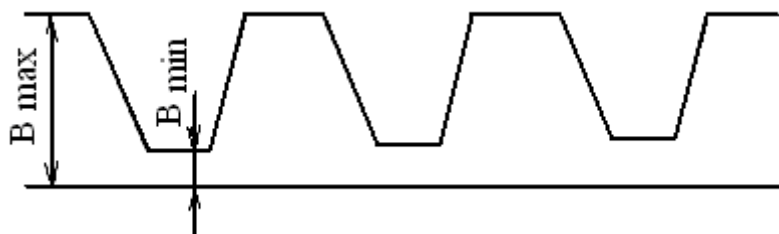


Рис.4.10. Распределение магнитного поля в воздушном зазоре

При вращении двигателя якорь перемещается относительно индуктора. В активной части якоря происходит пульсация магнитного потока, вызывающая появление вихревых токов. Взаимодействие этих вихревых токов с основным магнитным потоком создает крутящий момент, который приводит во вращение в том же направлении.

Величина крутящего момента тем больше, чем ток возбуждения муфты.

Основными показателями электропривода с индукторными муфтами скольжения являются:

1. Диапазон регулирования скорости выходного вала;
2. Плавность регулирования;
3. Возможность разгона механизма с моментом сопротивления механизма, большем пускового момента двигателя;
4. Устойчивость работы на регулировочных характеристиках;
5. Допустимые нагрузки на регулировочных скоростях.

Диапазон регулирования. Регулирование скорости при помощи ИМС возможно в диапазоне от номинальной скорости выходного вала n_2 до нуля при наличии на валу муфты нагрузки M . Плавность регулирования и разгон механизма видны из механических характеристик (см.рис.4.11.).

При увеличении тока от I_B до I_{BH} возбуждения скорость будет возрастать по прямой 1, 2, 3, 4, 5, 6. Возможность прохождения через все значения тока возбуждения от нуля до номинальной обеспечивает плавность регулирования во всем диапазоне скоростей и устойчивую работу на любой промежуточной скорости.

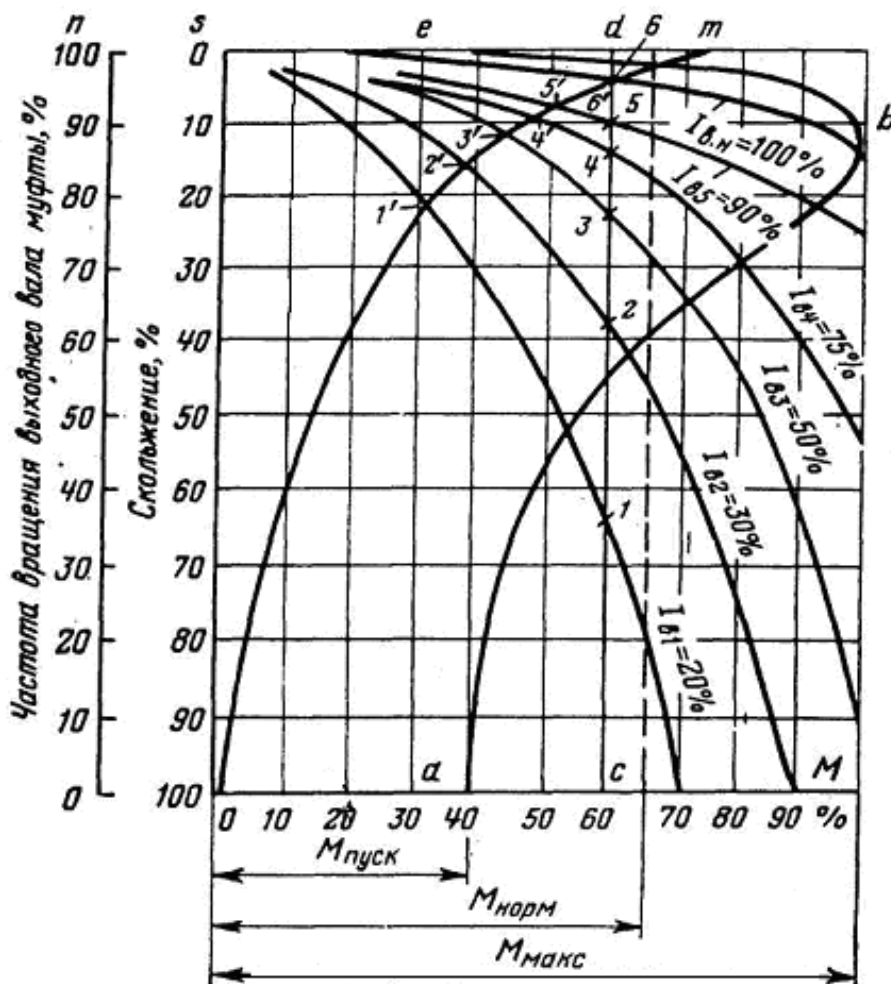


Рис.4.11. Механические характеристики индукторной муфты скольжения:

cd - момент сопротивления, механизма ($M_c = \text{const}$); Om - вентиляторный момент сопротивления; abe – механическая характеристика асинхронного двигателя

Как видно из механических характеристик (см.рис.4.11.) пусковой момент двигателя $M_{\text{ПУСК}}$ меньше момента сопротивления « cd »

Очевидно, что разгон механизма M при непосредственном соединении двигателя с механизмом невозможен. При соединении двигателя с механизмом с помощью ИМС можно первоначально разогнать двигатель вхолостую, перевести этим самым работу двигателя на устойчивую часть характеристики «be». На этом участке вращающий момент будет больше момента $M_{\text{пуск}}$.

Если подать напряжение в обмотку возбуждения муфты, уже становится возможным разогнать механизм, который при прямом соединении двигателя с механизмом, нельзя разогнать. Условием устойчивой работы муфты является $M=M_c$.

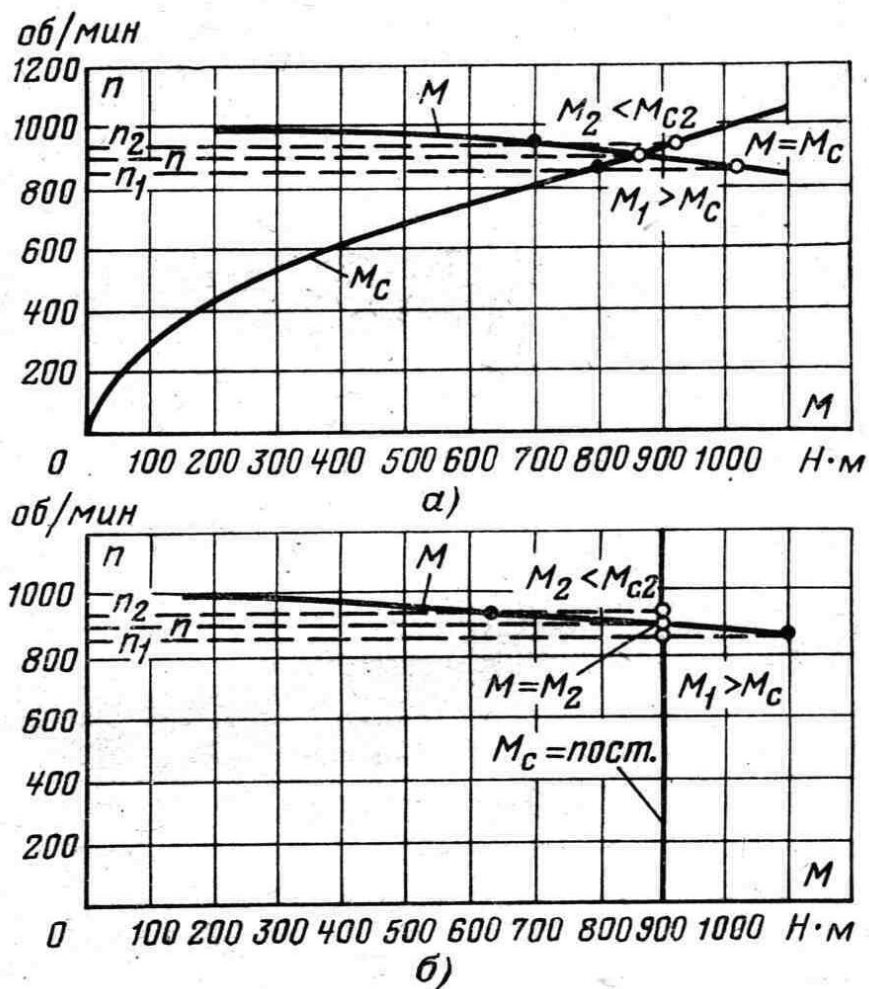


Рис.4.12. Устойчивость работы на регулировочных частотах вращения:

а - при вентилятором моменте сопротивления; б - при постоянном моменте сопротивления

Если случайно произойдет увеличение скорости вращения выходного вала муфты сверх скорости n , при которой вращающийся момент равен моменту сопротивления механизма, например, до

значения p_2 , то вращающий момент муфты при этом уменьшится до $M_2 < M$, а момент сопротивления механизма увеличится до значения $M_{c2} < M_c$ (см.рис. 4.12.).

Поэтому скорость выходного вала снизится до значения, при котором вновь наступит равновесие между вращающим моментом и моментом сопротивления.

Глава 5

Классификация устройств гидроавтоматики

5.1. Общие сведения

Гидравлическая система автоматизации производственного процесса представляет собой целесообразное соединение различных гидравлических устройств, в которых обеспечиваются определенные движения частей и силовые соотношения.

Гидравлическая система автоматического управления и регулирования состоит из следующих видов гидравлических устройств:

1. Преобразователь механической работы в потенциальную энергию давления рабочей жидкости - гидравлический насос;
2. Преобразователь энергии давления рабочей жидкости в механическую работу (сервомоторы и др.);
3. Трубопроводы, по которым транспортируется рабочая жидкость;
4. Регулирующие и распределительные устройства, обеспечивающие последовательность этапов работы системы и необходимый характер протекания процессов в ней путем создания определенной схемы движения и осуществления, необходимых изменений параметров потоков рабочих жидкостей;
5. Контролирующие устройства, назначением которых является измерение параметров работы звеньев системы и рабочей жидкости (манометры, реле давления масла и др.);
6. Вспомогательные устройства (фильтры, гидроаккумуляторы).

5.2. Гидравлические насосы

Гидравлические насосы компактны, сравнительно просты в обслуживании и несложно регулируются.

Трубопроводы в гидравлических системах служат для передачи энергии между преобразователями и для связи их с органами управления и регулирования. В качестве трубопроводов применяются жесткие металлические трубы и гибкие шланги.

Рассмотрим принцип действия и характеристики некоторых насосов, применяемых в гидроавтоматике.

Поршневые насосы, применяемые в гидроавтоматике можно классифицировать по трем признакам:

1. По типу привода;
2. По кратности действия;
3. По типу рабочих органов.

По типу привода насосы подразделяются на следующие группы:

1. Прямодействующие, т.е. такие, у которых усилие от штока двигателя передается непосредственно на шток насоса (поршни двигателя и насоса имеют общий шток).

2. Приводные, т.е. такие у которых усилие от приводного двигателя передается на шток поршня насоса через ряд передач, заканчивающийся кривошипно - шатунным механизмом.

По кратности действия поршневые насосы подразделяются на насосы одинарного, двойного и многократного действия. Если соединить три насоса одинарного действия в один таким образом, чтобы они имели общую всасывающую и нагнетательную трубы и чтобы рабочие циклы цилиндров были смещены на 120° получится насос тройного действия. Насос четверного действия представляют собой соединение двух насосов двойного действия, рабочие циклы которых смещены на 180° .

По типу рабочих органов насосы подразделяются на:

1. Поршневые (поршень выполнен в виде диска с уплотнительными устройствами);
2. Плунжерные (поршень выполнен в виде продолговатого цилиндра);
3. С проходным поршнем, когда нагнетательный клапан установлен непосредственно в поршне.

Отрицательным свойством поршневого насоса простого действия является неравномерная, пульсирующая подача жидкости насосом вследствие того, что поршень насоса попеременно движется вверх и вниз и при этом с переменными скоростями, колеблющимися за время одного рабочего цикла от нуля до максимума.

Неравномерность подачи у насосов двойного действия вдвое меньше

неравномерности подачи насосов простого действия.

Теоретическая производительность Q_T насоса одинарного действия определяется по формуле:

$$Q_T = (F S n), \text{ м}^3/\text{с},$$

где F -площадь поршня, м^2 ;

S -ход поршня, м ;

n -частота двойных ходов или вращения коленчатого вала кривошипно-шатунного механизма.

Для насосов двойного действия производительность насоса определяется по формуле:

$$Q_T = \alpha(F S n/60), \text{ м}^3/\text{с},$$

где α - условное число рабочих полостей

Фактическая производительность несколько ниже теоретической из-за утечек.

Насос одинарного действия работает следующим образом (см.рис.5.1).

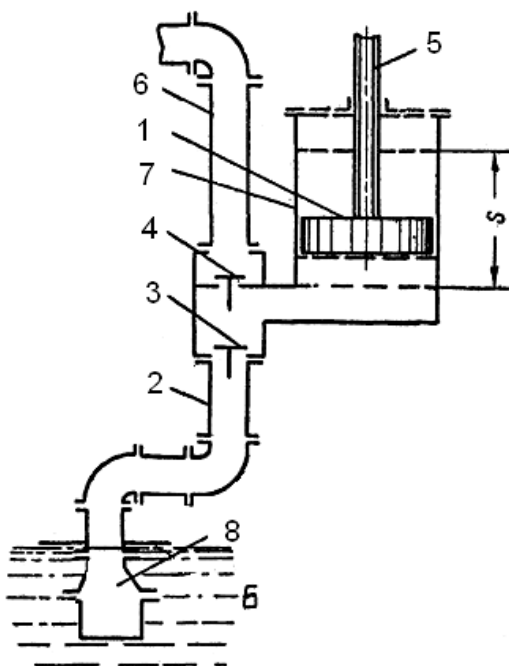


Рис.5.1. Схема гидравлического насоса простого действия:

1-поршень; 2-всасывающий патрубок; 3-всасывающий клапан; 4-нагнетательный клапан; 5-шток; 6-напорный патрубок; 7-рабочий цилиндр; 8-фильтр; Б-бак рабочей жидкости

Возвратно-поступательное движение штока 5 обеспечивается с помощью кривошипно-шатунного механизма.

При движении поршня 1 вверх рабочая жидкость, благодаря создаваемому вакууму под поршнем, приводит к открытию всасывающего клапана 4 и заполнению рабочего объема цилиндра 7. При движении поршня вниз создается давление жидкости под поршнем 1, которое приводит к закрытию всасывающего клапана 3 и соответственно – открытию клапана 4.

На этом цикл работы одинарного насоса заканчивается.

Шестеренные насосы. Рабочими органами шестеренного насоса являются две находящиеся в зацеплении шестерни, установленные в корпусе, плотно пришлифованном к их торцам и верхним граням зубьев.

Число зубьев Z обычно выбирается в пределах 8...20.

Шестеренные насосы широко применяются в различных гидравлических системах управления и автоматики там, где требуется постоянная объемная подача жидкости. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими типами гидронасосов, основные из которых следующие:

1. Простота конструкции и изготовления;
2. Сравнительно небольшие размеры и масса;
3. Практически равномерная подача;
4. Незначительная зависимость давления от подачи;
5. Долговечность

Производительность насоса определяется по формуле:

$$Q = 2\pi D_H m v \eta_0 \text{ (м}^3\text{/мин)},$$

где D_H -диаметр начальной окружности шестерен, м;

m -модуль зацепления, м;

v -ширина шестерен, м;

n -скорость вращения шестерен;

η_0 -объемный КПД, учитывающий утечки жидкости и подсосы воздуха.

Ротационные лопастные насосы двойного действия получили широкое распространение в машиностроении (см.рис.5.2.).

Промышленность выпускает ряд насосов производительностью от 5 до 200 л/мин и рабочим давлением от 60 до 70 кг/см² (6...7 МПа).

В этом насосе всасывание и нагнетание происходит 2 раза за один оборот ротора. Лопатки вставляются в радиальные пазы ротора без

зазоров.

Положительным качеством лопастного насоса двойного действия является практически полное отсутствие пульсаций в потоке масла, подаваемым лопастным насосом, если число лопаток ротора не меньше 8...12.

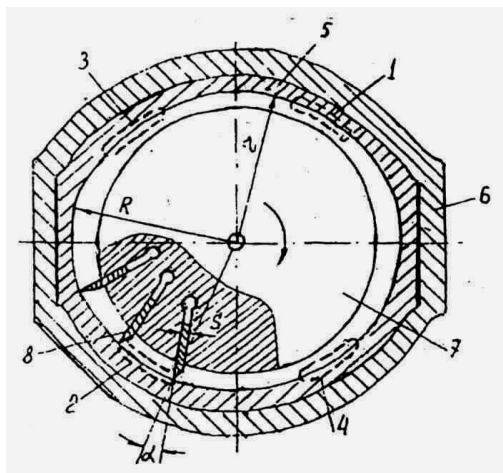


Рис.5.2. Ротационный лопастной насос:

1,2 - камеры всасывания; 3,4 - камеры нагнетания; 5 статор; 6 - корпус насоса; 7 - ротор; 8 – лопатки

Производительность ротационного лопастного насоса определяется по формуле:

$$Q_m = 2bn(R - r) \left[\pi(R + r) - \frac{SZ}{\cos \alpha} \right] 10^{-6}, \text{ (м}^3\text{/мин)},$$

где b-ширина лопатки;

n-скорость вращения ротора;

S-толщина лопатки;

Z-число лопаток;

α -угол наклона лопатки к радиусу ротора

Гидравлические насосы в силу обратимости, т.е. при подведении потенциальной энергии давления жидкости они легко могут быть преобразованы в гидромоторы (гидродвигатели).

5.3. Гидравлические исполнительные механизмы

Исполнительные механизмы электроавтоматики нами рассмотрены в главе 4.

Гидравлические исполнительные механизмы разделяются по

характеру рабочего движения на поступательные и вращательные (см.рис. 5.3.).

Рассмотрим подробно работу мембранных механизмов: одностороннего действия (см.рис.5.4), характеристики мягких мембран (см.рис.5.5), расчётная схема мембраны с жёсткой заделкой штока (см.рис.5.6.).

Мембранные механизмы представляют собой разновидность поршневых механизмов, однако, они имеют принципиально отличные характеристики. Основной деталью этих механизмов является мягкая мембрана 2.



Рис.5.3. Классификация гидравлических исполнительных механизмов

Мембрана 2 имеет кольцевую заделку. Рабочая жидкость давлением P воздействует на одну сторону мембраны, преодолевая силу упругости пружины 3.

Для расчета важно знать величину той части полного действующего на мембрану усилия, которая передается жестким центром мембраны на связанный с ним шток.

Для этого рассмотрим три характерных положения мягкой мембраны. Полный ход S мембраны (штока) примем за 100%. При

$S=0\%$, т.е. в верхнем положении мембраны, см. расчетные схемы.

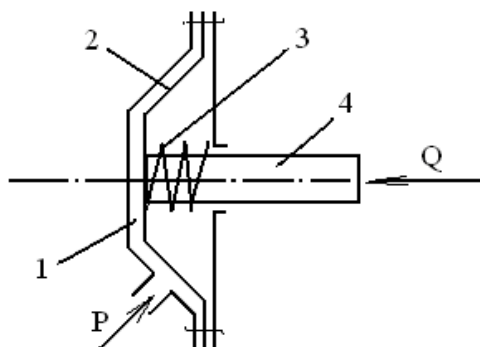


Рис.5.4. Мембранный механизм одностороннего действия:
1-рабочая полость; 2-мембрана; 3-пружина; 4-шток; P-давление рабочей жидкости; Q-реакция штока

При этом кольцевая опора мембраны воспринимает только радиальные составляющие (лежащие в плоскости опоры) сил, действующих на мембрану, и не воспринимает вертикальных составляющих, целиком воспринимаемых штоком.

При среднем положении $S=50\%$; здесь опора воспринимает, наряду с радиальными составляющими, также и часть вертикально-действующих усилий. От формы поверхности мембраны в каждом определенном положении зависит характер распределения реактивной силы между штоком и опорным периферийным креплением мембраны.

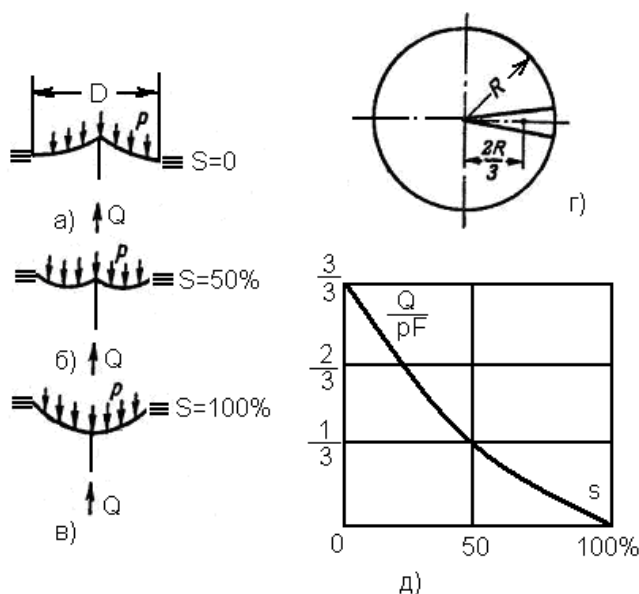


Рис.5.5. Характеристики мягких мембран:

а,б,в- характерные положения мягкой мембраны исполнительного механизма;

г- расчетная схема мягкой мембраны;

д- зависимость переставляющего усилия от положения мягкой мембраны

Для эластичной мембраны с малым прогибом эту зависимость можно найти, разбив всю поверхность мембраны на элементарные секторы. При этом каждый сектор можно представить, как пластину, лежащей на двух опорах (центр и

кольцевая опора), равномерно нагруженную по площади, можно определить реакции опор. Так как центр треугольника лежит на расстоянии $2/3$ от центра круга, то на центр мембраны передается $1/3$ усилия, действующего на площадь каждого сектора. Следовательно, на центр мембраны, которая состоит из рассмотренных секторов, в сумме действует усилие

$$Q = \frac{1}{3}PF,$$

где P -давление жидкости, МПа;

F -площадь мембраны

Площадь мембраны определяется из выражения

$$F = \frac{\pi D^2}{4},$$

где D -диаметр мембраны в свету

В крайнем нижнем положении $S=100\%$ переставляющая сила равна нулю. На практике используются только $15...20\%$ хода мембраны.

Значительное изменение переставляющей силы Q имеет место при жесткой заделке штока с мембраной по сравнению с мягкой заделкой (см.рис. 5.6.). Для чего центральная часть мембраны зажимается между двумя жесткими дисками, а последние жестко скрепляются со штоком исполнительного механизма.

Для плавной работы устройства диаметр жесткого центра не должен превышать 80% от диаметра мембраны в свету, а рабочий ход не должен превышать $12...15\%$ того же диаметра.

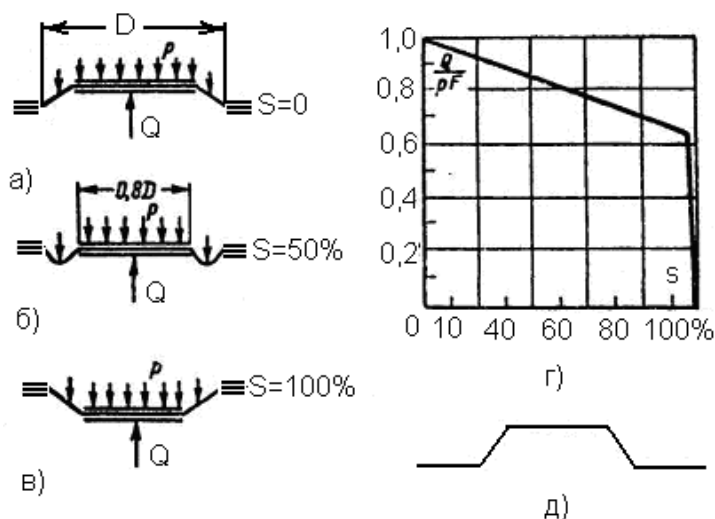


Рис.5.6. Расчетная схема мембраны с жесткой заделкой штока:

а,б,в- характерные положения мембраны с жесткой средней частью;

г- зависимость переставляющего усилия от положения центра мембраны с жесткой средней частью;

д- профиль мембранной заготовки

5.4. Распределительные и регулирующие устройства

Гидравлические распределительные и регулирующие устройства служат для изменения направления потока масла в различных участках гидравлической системы с целью прохождения его через различные механизмы при разных режимах для отвода масла в резервуар, а также для управления последовательностью действий механизмов. В современных системах гидроавтоматики применяются: крановые, клапанные, золотниковые распределители, распределители со струйной трубкой.

С помощью регулирующих гидравлических устройств устанавливают требуемое давление, расход потока, а с ним величины перемещений, скоростей и ускорений механизмов. Эти устройства дают возможность быстро устанавливать и поддерживать наивыгоднейшие режимы рабочего процесса, автоматизировать его и обеспечить работу установок с высоким КПД.

К регулирующим и распределительным устройствам относятся:

- 1) золотники с прямолинейным движением плунжера;
- 2) золотники с поворотным движением плунжера;
- 3) клапаны;
- 4) струйные трубки;
- 5) устройства сопло-заслонка;
- 6) дроссели;
- 7) цилиндры с самовозвратным движением поршня.

Рассмотрим подробно назначение и принцип действия гидравлических дросселей.

Дроссель - это гидравлическое сопротивление, регулируемое или постоянное, специально вводимое в сеть или для понижения давления рабочей жидкости за дросселем при постоянстве давления до него, или для повышения давления перед дросселем если давление за ним постоянно.

Дроссели могут входить в состав более сложных комплексов регулирующей и управляющей аппаратуры, предназначенных для выполнения различных функций в гидросистеме.

Принципиальные схемы дросселей строятся с использованием потерь напора по длине, местных потерь напора или комбинированные.

Дроссельное устройство, построенное по принципу потери напора по длине, представляет собой канал (см.рис.5.7, а) небольшого сечения и большой длины. Этот канал нанесен на пробке 1 в форме винтовой

канавки. Выдвигая или вдвигая пробку 1 в корпус 2, изменяют рабочую длину канала, чем вызывается изменение потерь напора.

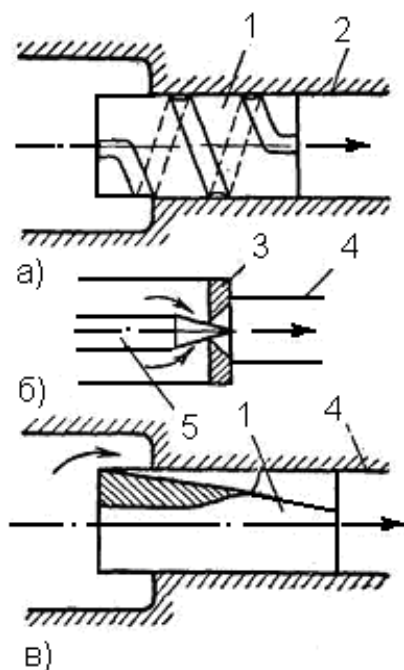


Рис.5.7. Принципиальные схемы дросселей:

а-дроссельное устройство, построенное по принципу потерь напора по длине; б-дроссельное устройство, построенное по принципу использования местных потерь напора; в-комбинированное дроссельное устройство

Основным недостатком подобных дроссельных устройств является зависимость величины потерь от вязкости рабочей жидкости.

Количество проходящей через дроссель рабочей жидкости определяется по формуле:

$$Q = K_1 P_1,$$

где K_1 - коэффициент, зависящий от конструкции дросселя;

P_1 - давление перед дросселем

Дроссельные устройства, построенные по принципу использования местных потерь напора (см.рис.5.7, б), представляют собой) различного рода диафрагмы 3, вмонтированные в трубопровод 4. Изменение с помощью иглы 5 размера проходного сечения отверстия в диафрагме вызывает изменение величин местного сопротивления и соответственно изменение количества протекающей жидкости. Максимальное проходное сечение дросселя рассчитывается, исходя из условия прохождения через полностью открытый дроссель заданного расхода тела Q при практически допустимой скорости движения рабочей жидкости в наименьшем сечении щели дросселя;

сопротивление дросселя при этом минимально.

Чем меньше величина отношения длины дросселирующего отверстия к его диаметру, тем с большей точностью количество пропускаемой дросселем жидкости подсчитывается по формуле:

$$Q = K\sqrt{\Delta P},$$

где K - коэффициент, зависящий от конструкции дросселя, степени его открытия и вязкости рабочей жидкости;

$\Delta P = P_1 - P_2$ - перепад давления в трубопроводе, образующийся по обе стороны дросселя (здесь P_1 и P_2 - соответственно - давления рабочей жидкости перед дросселем и после него).

Поэтому целесообразнее всего делать отверстия в дросселе коническими, резко расширяющимися по направлению потока, с острой входной кромкой. Экспериментально установлено, что значения коэффициента K колеблется в пределах 0,7...0,85. На рис.5.7, (в) представлена схема дроссельного устройства, в котором местные потери напора имеют соизмеримую величину и обе изменяются при регулировании.

В этом дросселе путем перемещения пробки 1 вдоль оси трубопровода 4 одновременно изменяются и длина щели и ее сечение. В результате происходит изменение как потерь напора по длине, так и коэффициента местных потерь напора.

Стабилизаторы расхода (скорости движения жидкости) в гидроавтоматике играют значительную роль (см.рис.5.8.).

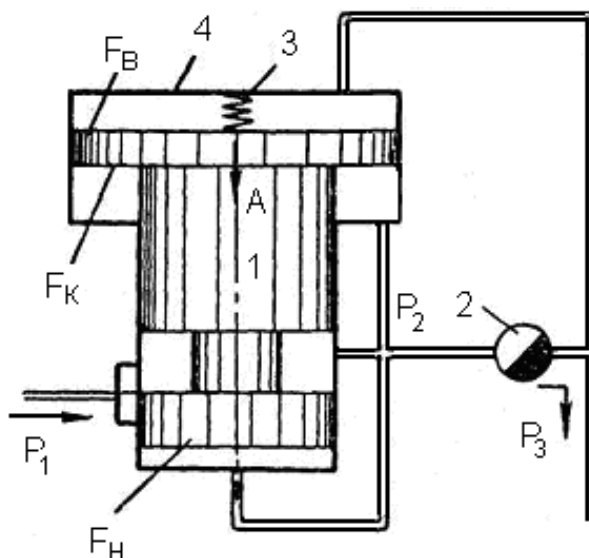


Рис.5.8. Стабилизатор расхода жидкости:

1-плунжер; 2- Дроссель; 3-пружина; 4-клапан; А-усилие пружины

Он поддерживает постоянство величины подачи жидкости в гидравлическую систему, независимо от колебаний давления P_3 в ней, а также при изменении давления на входе стабилизатора P_1 .

При этом условием постоянства расхода жидкости является

$$\Delta P = P_2 - P_3 = \text{const},$$

где ΔP - степень дросселирования давления;

P_2 - давление жидкости перед дросселем

Рассмотрим принцип функционирования стабилизатора расхода. Плунжер 1 обеспечивает постоянную небольшую разность давления $\Delta P = P_2 - P_3$, благодаря этому щель дросселя предохраняется от засорения, так как имеется возможность работать на больших проходных сечениях.

На клапан 4 снизу действует усилие, равное произведению

$$(F_H + F_K)P_2,$$

где F_H - площадь нижнего торца плунжера 1;

F_K - площадь кольца нижнего торца грибка плунжера

При этом, учитывая, что $(F_H + F_K) = F_6$ (F_6 - площадь верхнего торца плунжера), то можно определить усилие, действующее снизу также произведением $F_6 \cdot P_2$.

Сверху на плунжер 1 действует усилие A пружины 3 и усилие, развиваемое давлением P_3 за дросселем 2, равное $F_6 P_3$.

Для равновесного состояния плунжера 1 необходимо соблюдение следующего условия:

$$F_6 P_2 = F_6 P_3 + A,$$

Если повышается давление P_2 до дросселя или падает давление P_3 за ним, то создается усилие, под действием которого плунжер клапана перемещается вверх и его нижний поясok частично перекрывает окно ввода давления P_1 . При этом увеличивается дросселирование давления P_1 и P_2 — уменьшается до восстановления первоначальной величины перепада ($P_2 - P_3$); напротив при росте давления P_3 или уменьшения давления P_2 плунжер клапана перемещается вниз, степень дросселирования давления P_1 уменьшается, в результате восстанавливается величина перепада ($P_2 - P_3$).

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глава 6

Автоматизация загрузочных устройств станков и технологических агрегатов

6.1. Общие сведения

Важнейшим средством повышения производительности труда, улучшения качества продукции при ее низкой себестоимости является широкая механизация и автоматизация технологических процессов. Для того чтобы себе представить влияние автоматизации и механизации на повышение производительности труда необходимо рассмотреть структуру штучного времени. Известно, что штучное время $T_{шт}$ складывается из машинного времени T_m , вспомогательного времени $T_{всп}$, времени на техническое обслуживание станка T_t и времени отдыха $T_{отд}$, т.е. $T_{шт} = T_m + T_{всп} + T_t + T_{отд}$. Оперативное время $T_{опер} = T_m + T_{всп}$. Отсюда видно, что для сокращения штучного времени необходимо комплексное решение задачи, т.е. одновременно уменьшать, как машинное время, так и вспомогательное. В настоящее время наряду со всемерным сокращением затрат машинного времени T_m стоит более важная задача сократить вспомогательное время $T_{всп}$ т.к. оно в среднем в промышленности (машиностроении) составляет от 40 до 70% от штучного времени. Анализ же затрат вспомогательного времени на обрабатывающих станках показывает, что наиболее целесообразно на станках (агрегатах) автоматизировать:

1. Загрузку;
2. Измерение деталей;
3. Управление процессами обработки.

Под автоматической загрузкой станка или агрегата следует понимать комплекс действий, осуществляемых механизмом для перемещения обрабатываемых заготовок от места их предварительного накопления в рабочую зону для последующего закрепления и обработки их без непосредственного участия человека.

Автоматизация и механизация загрузки является одной из сложных технологических операций потому, что здесь имеем дело с большим

разнообразием форм и размеров, подлежащих загрузке деталей. У некоторых работников промышленности имеется неверная точка зрения в отношении механизации и автоматизации загрузки в серийном производстве. Они считают, что механизацией и автоматизацией загрузки следует заниматься только в массовом производстве. Отметим, что на долю массового производства приходится всего 10%, а на мелкосерийное 3/4, около 75% от общего объема выпускаемой продукции.

Отсюда видно, что основная доля выпускаемой продукции в машиностроении приходится на серийное и индивидуальное производство. В ремонтных предприятиях и заводах по производству запасных частей в системе ГАЖК «Узбекистон темир йуллари» преобладающим является также мелкосерийное производство. В этих условиях автоматизация и механизация должны приспособливаться к условиям групповой обработки по методу проф. С.П.Митрофанова. Объединение деталей с одинаковыми элементами в одну группу можно значительно укрупнить партии и приблизить условия обработки к условиям серийного, даже массового производства.

Для облегчения подбора групп рекомендуется использование так называемой комплексной детали, т.е. детали, объединяющей в себе все обрабатываемые поверхности, встречающиеся у деталей данной группы. Технологический процесс, разработанный для комплексной детали является групповым.

6.2. Назначение и виды загрузочных устройств

Различают несколько способов питания станков:

1. Питание из бунта (катушки);
2. Питание штучными заготовками;
3. Прутковое питание.

1). Питание из бунта для металлорежущих станков применяется редко (автоматы для изготовления сварочных электродов) - для прессов холодной штамповки.

2). Прутковое питание - применяется на прутковых автоматах, револьверных станках.

3). Питание штучными заготовками применяется на большинстве станках-автоматах.

В зависимости от характера заготовок загрузочные устройства могут быть разбиты на 2 класса, охватывающие наиболее типичные случаи:

- 1) для штучных заготовок;
- 2) для сортового материала (прутки, трубы, полосы и т.д.).

Загрузочные устройства для штучных заготовок предназначены:

а) захвата заготовок, их ориентации в пространстве и передачи в необходимом положении в магазин;

б) накопления заготовок в магазине в количестве, достаточном на случай кратковременной задержки в механизме захвата и ориентации;

в) поштучной выдаче заготовок из магазина;

г) транспортирования заготовок из магазина в зону действия рабочего инструмента, или измерительного инструмента.

В зависимости от степени автоматизации, загрузочные устройства для штучных заготовок могут быть разбиты на три группы:

- 1) **подъемно-загрузочные;**
- 2) **магазинные загрузочные** (полуавтоматические) (см.рис. 6.1,а);
- 3) **автоматические (бункерные) загрузочные (БЗУ)** (см.рис. 6.1,б).

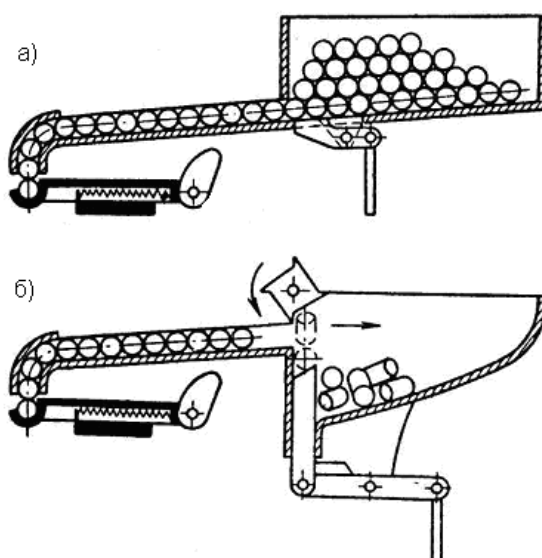


Рис. 6.1. Принципиальные схемы автоматических загрузочных устройств:

а-магазинные загрузочные; б-автоматические (бункерные) загрузочные

1) к подъемно-загрузочным устройствам относятся пневматические подъемники, тельферы и т.д.

2) в магазинных загрузочных устройствах загрузку и ориентацию подаваемых заготовок, уложенных в кассету, магазин, производят заранее вручную или механизмом, не входящих в состав загрузочного устройства; все остальные перемещения, необходимые для загрузки, выполняются автоматически. Наличие накопителя

исключает необходимость пребывания рабочего около станка, агрегата.

3) в автоматических загрузочных устройствах захват, ориентация и другие перемещения, необходимые для загрузки заготовок, выполняются без вмешательства рабочего-оператора.

Область применения каждой группы загрузочных устройств в общих чертах характеризуется следующим образом:

а) подъемно-загрузочные устройства следует применять для громоздких, сложных по геометрической форме заготовок, имеющих значительный по времени цикл обработки по сравнению с временем, потребным для подачи заготовок на установку;

б) магазинные загрузочные устройства следует применять для заготовок, захват и ориентация которых затруднены в силу особенностей геометрической формы, размеров и массы или когда по масштабам производства нецелесообразно изготавливать сложные загрузочные устройств;

в) автоматические (бункерные) загрузочные устройства следует применять для заготовок простой геометрической формы и небольшой массы, и обработка или измерение которых не требует значительного времени.

Степень автоматизации подлежит установлению в каждом отдельном случае на основе технико-экономического расчета. Основными узлами автоматических и полуавтоматических устройств являются:

1). Механизм загрузки и ориентации, обеспечивающий сортировку, захват и установку подаваемых заготовок в положение, необходимое для обработки или для дальнейшего транспортирования;

2). Накопитель (магазин, кассета, лоток или трубка), предназначен для накопления заготовок в количествах необходимых для бесперебойной работы станка (транспортировка к рабочему органу станка);

3). Контролирующий, или как его иногда называют, блокирующий механизм, осуществляющий контроль ориентации и предотвращающий попадание в подаваемые заготовки посторонних тел, а также останавливающий станок на случай отсутствия заготовок.

4). Механизм поштучной выдачи - отсекающий для выдачи заготовок из накопителя в питатель;

5). Питатель - предназначен для перемещения заготовок от места выдачи, до зоны действия инструмента в определенные периоды времени;

6). Привод и крепление механизмов загрузочного устройства.

Конструкция бункерного устройства определяется геометрической формой заготовок. Основными признаками, характеризующих сложность автоматических устройств являются:

- 1) необходимая степень ориентации (см.рис.6.2.);
- 2) соотношение размеров заготовок.

Заготовки, имеющие форму тел вращения по их геометрической форме можно разделить на три основных класса (см.рис.6.4.):

I. Заготовки, имеющие множество осей симметрии не требуют ориентации (шарики);

II. Заготовки, имеющие одну ось симметрии и одну плоскость симметрии, перпендикулярную к оси вращения, требуют ориентации по их оси вращения (см.рис.6.2.);

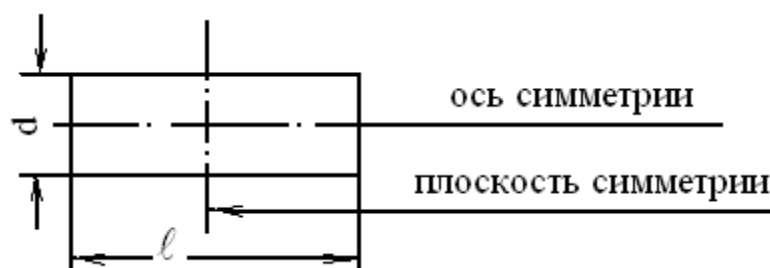


Рис. 6.2.
d-диаметр; l-длина

III. Заготовки, имеющие одну ось симметрии - ось вращения, требуют двойной ориентации: по оси вращения и относительно плоскости, перпендикулярной оси вращения (см.рис.6.3.).

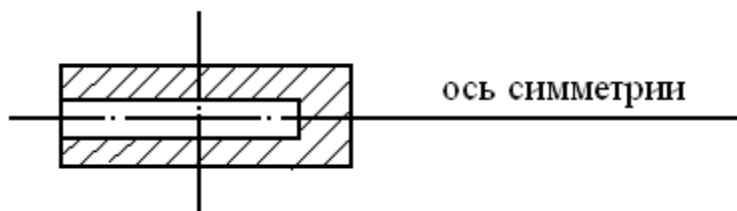
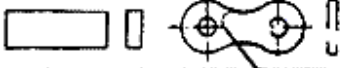
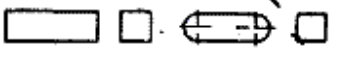
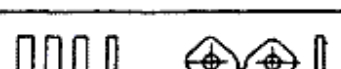
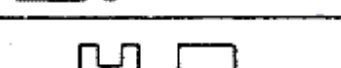
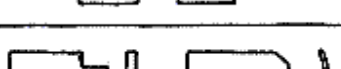
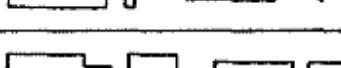
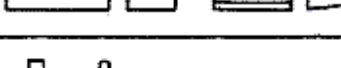


Рис.6.3.

Заготовки плоской формы разделяются также на три основных класса (см.рис.6.4.):

I. Заготовки, имеющие три плоскости симметрии, требуют ориентации только по длине заготовки;

II. Заготовки, имеющие две плоскости симметрии, требуют двойной ориентации: по длине и относительно плоскости, к которой заготовка несимметрична;

Класс	Группа	Разряд	Типы деталей
I	Три плоскости симметрии	$\frac{L}{B} > 1$	пл 
			пр 
		$\frac{L}{B} \approx 1$	пл 
			пр 
II	Две плоскости симметрии	$\frac{L}{B} > 1$	пл 
			пр 
		$\frac{L}{B} \approx 1$	пл 
			пр 
III	Одна плоскость симметрии	$\frac{L}{B} > 1$	пл 
			пр 
		$\frac{L}{B} \approx 1$	пл 
			пр 

пл - пластина, пр - призма.

Рис. 6.4.

III. Заготовки, имеющие одну плоскость симметрии, требуют тройной ориентации: по длине и относительно двух плоскостей, к которым заготовка несимметрична.

Сложность автоматизации возрастает с увеличением порядкового номера класса.

Задача создания условий для преимущественной ориентации заготовок является очень актуальной.

Классификация заготовок, имеющих форму тел вращения представлена на рис.6.5.

Класс	Группа	Разряд	Типы деталей
I	Две оси вращения	—	
II	Одна ось симметрии и одна плоскость симметрии	1 $\frac{\ell}{d} > 1$	В Валики
			О Втулки
		2 $\frac{\ell}{d} < 1$	В Диски
			О Кольца
		3 $\frac{\ell}{d} \approx 1$	В Ролики
			О Полые ролики
III	Одна ось симметрии	1 $\frac{\ell}{d} > 1$	В Валики
			О Гильзы
			Б Болты
		2 $\frac{\ell}{d} < 1$	В Диски
			О Кольца Котлячки
		3 $\frac{\ell}{d} \approx 1$	В Ролики
			О Котлячки

Рис.6.5.

1 группа - заготовки с отношением $\ell/d > 1$ (ℓ -длина, d -диаметр заготовки) получают преимущественную ориентацию по хорде диска (см.рис.6.6.).

Чем больше это отношение, тем больше процент заготовок оказывается ориентированным по хорде и тем устойчивее эта ориентация.

Для дискового питания наибольшая вероятность западания

заготовок будет, очевидно, при выполнении карманов по хорде. Заготовки с отношением $\ell/d \approx 1$ не имеют (III группа) преимущественной ориентации.

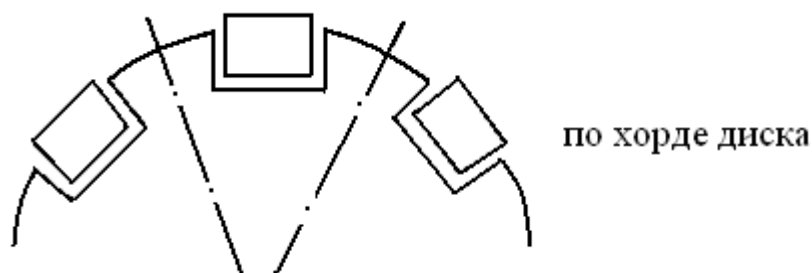


Рис.6.6.

Заготовки с отношением $\ell/d < 1$ располагаются (II группа) своим торцом по плоскости диска (см.рис. 6.7.).

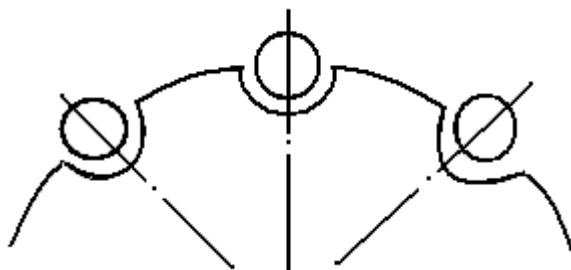


Рис.6.7.

ℓ/d -является одним из факторов, определяющих конструктивную особенность дисковых питателей.

Дисковые питатели обычно имеют наклон $50...60^\circ$. Цилиндрические заготовки с отношением $\ell/d=2,5$ могут загружаться в любые БЗУ для цилиндрических заготовок. Частота вращения дисковых питателей составляет порядка 3...12 об/мин.

Выбор рациональной конструкции бункера

К заготовкам цилиндрической формы принято относить детали, имеющие отношения $\ell/d \geq 1$

Для этих заготовок наиболее распространены следующие типы БЗУ:

- 1). Дисковые - карманчиковые (карманчики по хорде, либо радиусу);
- 2). Трубчатые (с вращающейся трубкой, с полувтулками с

возвратно-поступательным движением);

3). Крючковые различных конструкций;

4). Вибрационные.

Рассмотрим принцип действия дисковых БЗУ (см.рис.6.8.).

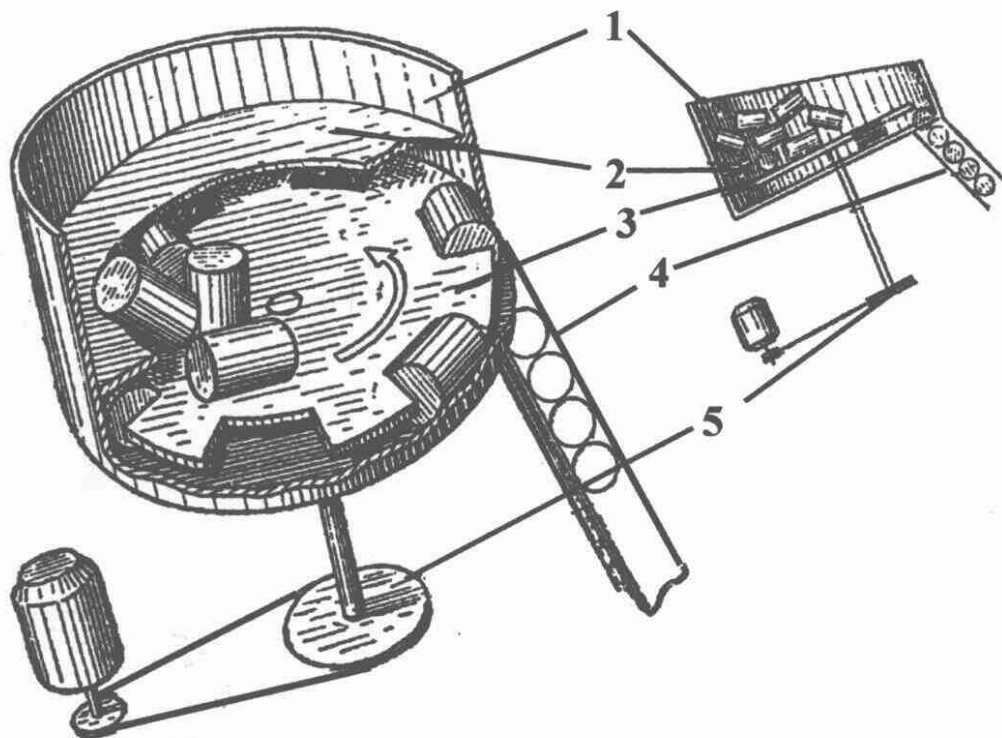


Рис.6.8. Схема устройства дискового БЗУ:

1-чаша бункера; 2-козырек отсекаателя; 3- вращающийся диск; 4-отводящий лоток; 5-привод с трансмиссией

Карманчиковые загрузочные устройства (дисковые) с расположением карманов по хорде диска применяются для загрузки с отношением $\ell/d > 2,5$, требующих I степени ориентации.

Карманчиковые загрузочные устройства с расположением заготовок перпендикулярно плоскости диска применяются для заготовок с отношением $\ell/d = 1,5...2,5$, а также для заготовок с $\ell/d < 1$. Производительность ограничивается временем, необходимым для выпадения заготовки в приемный лоток.

Карманчиковые загрузочные устройства с расположением заготовки по радиусу диска применяются для случая $\ell/d > 2,5$. Бункерные загрузочные устройства с вращающейся трубкой применяются для заготовок с отношениями $\ell/d = 1,5... 4$, требующих первой степени ориентации. Они просты по конструкции. Высокая производительность достигается при загрузке заготовок с

отношениями $\ell/d=2...2,5$.

Таблица 6.1.

Классы заготовок	Необходимая степень ориентации	Класс и функции, выполняемых загрузочными устройствами
I	0-я	1-захват и выдача (поштучно или порциями)
II	1-я	2-захват и одна степень ориентации
III	2-я	3-захват и две степени ориентации

Бункерные загрузочные устройства с полувтулками, движущимися возвратно-поступательно, применяются для заготовок с отношением $\ell/d=1...3$, требующих I степени ориентации, а также с $\ell/d \approx 1$.

Крючковые бункерные загрузочные устройства применяются только для полых цилиндрических заготовок.

Вибрационные бункерные загрузочные устройства могут применяться, как для цилиндрических заготовок с $\ell/d > 1,5$, так и для плоских.

Производительность карманчиковых бункеров определяется по формуле:

$$Q = nZ K \text{ [шт/мин]},$$

где n - частота вращения диска, об/мин (обычно V -линейная скорость принимается $5...10$ м/мин);

Z - число карманчиков;

$K = q/Z$ -коэффициент заполнения,

где q - фактическое количество запавших в карманчики дисков за один его оборот,

$$K=0,92...0,98$$

или

$$Q = 1000V/m K \text{ [шт/мин]}, \quad (*)$$

где m - шаг карманчиков.

Из формулы (*) видно, что производительность бункера зависит от скорости вращения диска и коэффициента заполнения.

Максимальная скорость вращения диска определяется временем, необходимым для выпадения заготовок в приемный лоток и временем вторичной ориентации.

Величина коэффициента заполнения зависит от ряда параметров:

- а) способ ориентации;
- б) отношение l/d ;
- в) размер карманов;
- г) угол наклона диска;
- д) скорость вращения диска;
- е) интенсивность перемешивания заготовок в бункере;
- ж) габариты бункера.

Расположение карманов по хорде БЗУ соответствует преимущественной ориентации цилиндрических заготовок с отношением $l/d > 1$. При правильно выбранных параметрах бункера коэффициент заполнения находится в пределах 0,92...0,98.

Угол наклона диска бункера к горизонту α - должен быть больше угла трения ρ , чтобы заготовки, лежащие на поверхности диска, не поднимались силой трения вверх к приемному окну ($\alpha = 45...50^\circ$).

Вибрационные бункерные устройства

Рассмотрим конструкцию и работу вибробункера, предназначенного для автоматической загрузки заготовок (средних и крупных) типа дисков (подшипниковые кольца, плашки и т.д. (см.рис.6.9.).

Устройство состоит из чаши 1, на внутренней цилиндрической поверхности которой имеется спиральный лоток 2. Днище 3 чаши укреплено на трех наклонных цилиндрических стержнях 6, расположенных по касательной к окружности радиусом r , проходящей через точки крепления стержней к днищу чаши. На нижней массивной плите 7 тангенциально установлены три электромагнитных вибратора 12, сообщающие бункеру колебательное движение по спирали.

Угол подъема спирали этого движения β у точек, расположенных на среднем диаметре лотка $D_{ср}$, определяется по формуле (см.рис.6.10.).

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \psi \cdot \frac{r}{R},$$

где ψ - угол наклона пружин-стержней;
 r - радиус крепления стержней к чаше;

$$R = \frac{D_{cp}}{2} \text{ - средний радиус лотка}$$

Загруженные в бункер заготовки сползают по конусу 13 к лотку 2, поднимаются вследствие вибрации по лотку вверх и попадают в приемную часть магазина 14.

Днище чаши соединено с направляющим валиком 4, свободно перемещающимся в подшипниках 5. Валик 4 облегчает установку стержней 6, и создавая некоторое демпфирование в системе, несколько стабилизирует работу БЗУ.

При достаточно точной установке пружинных подвесок 6 применение валика 4 не обязательно. Чтобы не увеличивать значительно размеры бункера при больших объемах партий загружаемых заготовок, над чашей бункера устанавливается неподвижный предбункер 17.

Для устранения возможности заклинивания заготовок между конусом 13 и предбункером последний свободно висит на концах винтов 16, завинченных в стойки 15. Винты предназначены для изменения зазора между воронкой предбункера и днищем чаши, чем регулируется скорость поступления заготовок в бункер. Для виброизоляции, БЗУ устанавливается на амортизаторах - витых цилиндрических пружинах 11 сравнительно малой жесткости. Вибрация основанию будет передаваться тем меньше, чем больше будет разница между частотой колебаний чаши бункера на стержнях и собственной частотой колебаний чаши бункера на стержнях и собственной частотой колебаний опорной плиты 7 на витых пружинах.

Для устранения чрезмерной подвижности амортизированного БЗУ к основанию 10 крепится ось 9, входящая во втулку 8 с небольшим зазором. Эта ось, составляя амортизированной системе две степени свободы: перемещения по вертикали и вращение вокруг вертикальной оси, ограничивает возможность остальных перемещений. Рассмотрим более подробно конструкцию и способ крепления пружинных стержней (см.рис.6.11.).

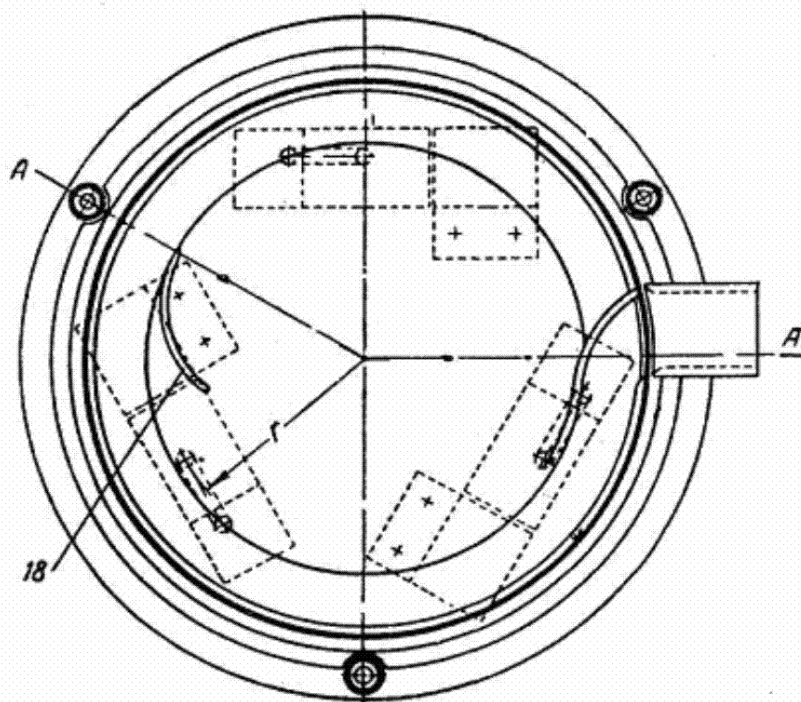
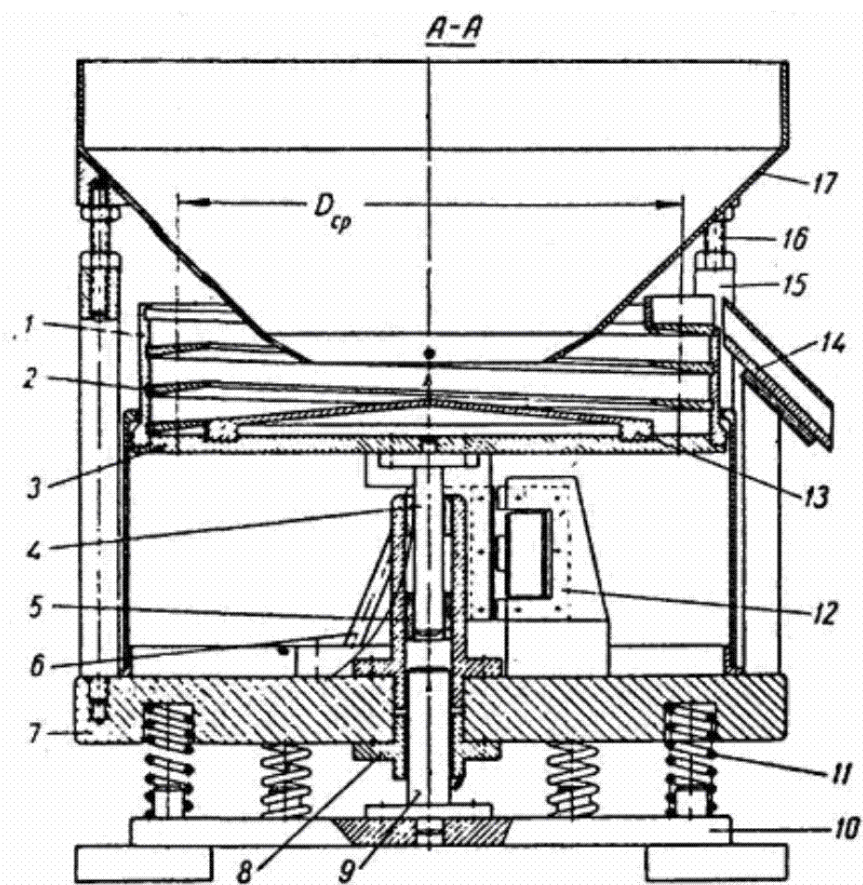


Рис.6.9. Общий вид вибробункера с тремя вибраторами

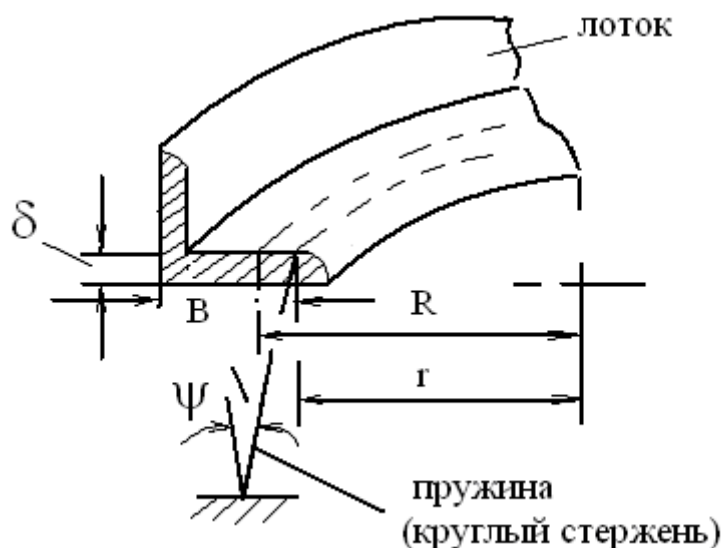


Рис.6.10. Расчетная схема

Неподвижная часть вибратора состоит из набора пластин электротехнической стали, пакет которых 1 закреплен в стойке 2, прикрепляемой болтами к основанию бункера 3. На средний выступ пакета 1 надевается катушка с обмоткой 4. Подвижная часть вибратора состоит из набора пластин электротехнической стали, пакет которых 5, крепится к кронштейну 6. Если пропускать через катушку 4 переменный ток от сети с частотой 50Гц, подвижная часть вибратора вместе с чашей бункера будет совершать колебания с частотой 100Гц. При пропускании тока в вибратор от этой же сети через выпрямители чаша бункера (при соответствующих размерах стержней) будет колебаться с частотой 50Гц. Кронштейн 6 вместе с верхним башмаком 7 крепления пружины соединяется с днищем бункера. Наклонные цилиндрические стержни 8 закрепляются клеммовым зажимом в верхнем 7 и нижнем 9 башмаках. В приведенной конструкции вибрационного БЗУ были применены в качестве пружин цилиндрические стержни по следующим соображениям. Круглые стержни имеют одинаковую жесткость в любом радиальном направлении и поэтому расчет их упругих свойств и частоты собственных колебаний бункера довольно точен и прост, в отличие от пластинчатых рессорных пружин.

Вибробункеры имеют ряд преимуществ по сравнению с другими БЗУ:

- 1) простота конструкции;
- 2) отсутствие движущихся захватно – ориентирующих органов, что исключает возможность заклинивания заготовок;

3) отсутствие падений и ударов заготовок друг о друга, нарушающие чистоту поверхности точных деталей;

4) постоянство равномерности (скорости) движения заготовки по лотку, чем улучшается условия для осуществления различной степени ориентации сложных заготовок внутри бункера;

5) отсутствие необходимости устанавливать бункер над станком в силу наличия постоянного напора при выходе заготовок из бункера.

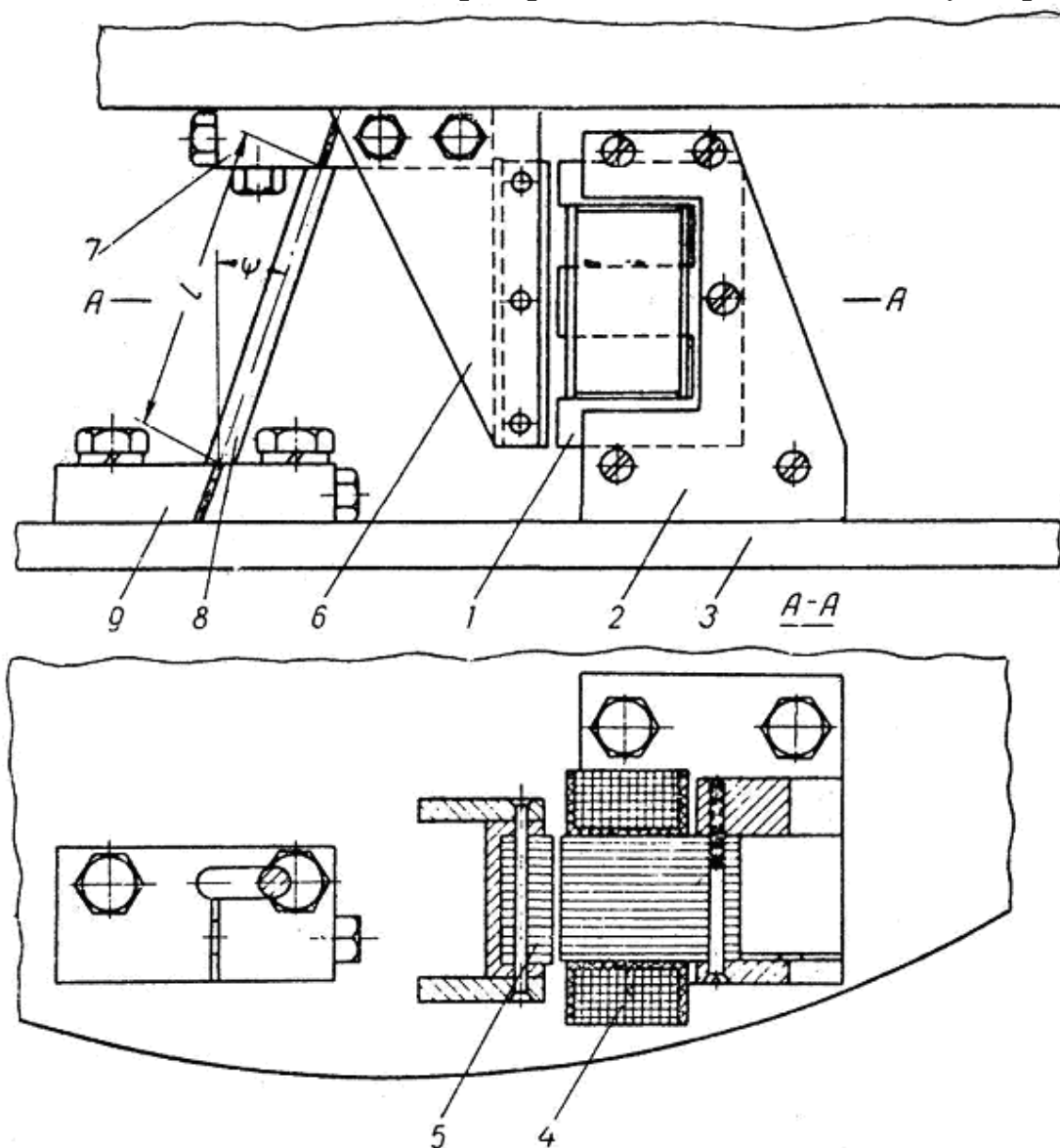


Рис. 6.11. Крепление пружинных стержней.

Вибрационные БЗУ применяются как для круглых так и для плоских заготовок различной степени сложности.

Особенно эффективно применение БЗУ (вибрационных) для мелких деталей, плохо перемещающиеся по лоткам под действием собственного веса (часовые детали) и заготовки с заусенцами,

склонных к взаимному сцеплению.

Работа вибрационного загрузочного устройства основана на движении заготовки вверх по спиральному прямолинейному лотку вследствие его вибрации.

Рассмотрим схемы, поясняющие движение тела на качающейся плоскости.

Представим себе тело, лежащее на горизонтальной плоскости (см.рис.6.12.).

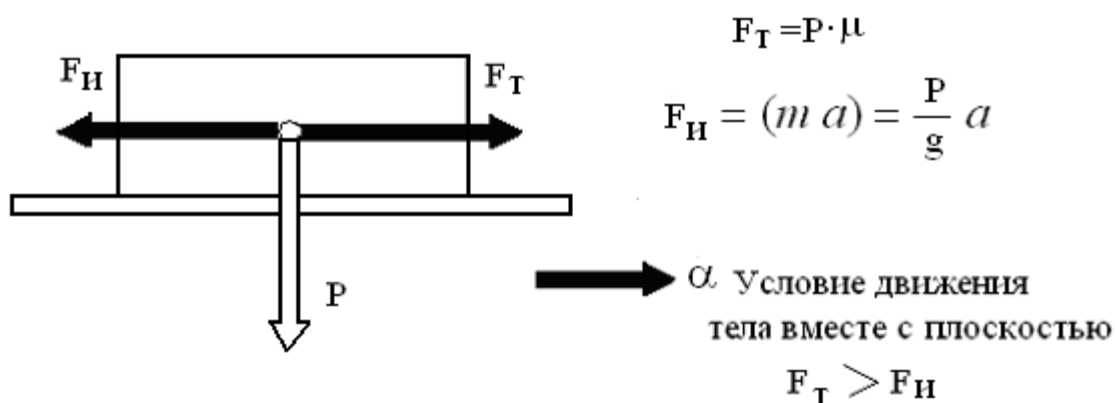


Рис.6.12.

Пусть плоскость перемещается в направлении слева направо с ускорением a .

Тогда на тело, лежащее на плоскости, будет действовать сила трения

$$F_T = P \mu,$$

где P - вес тела;

μ - коэффициент трения.

Эта сила будет стремиться переместить тело вместе с плоскостью. Одновременно сила инерции $F_H = (P/g)a$ (g - ускорение силы тяжести) будет противодействовать этому перемещению тела. Если сила трения $F_T > F_H$, то тело будет двигаться вместе с плоскостью. При $F_H > F_T$, тело будет отставать от плоскости или оставаться в покое.

Закрепим плоскость на концах рычагов, образующих шарнирный параллелограмм (см.рис.6.13.).

Расположим рычаги под углом α к горизонту и приведем их в колебательное движение. Вместе с рычагами будет качаться и

плоскость с установленным на ней телом. При качании вниз и вверх ускорение α - будет одинаковым. Для удобства можно принять, что движение происходит в двух направлениях - горизонтальном и вертикальном. При этом будут возникать горизонтальные и вертикальные ускорения α_{Γ} и $\alpha_{\text{в}}$.

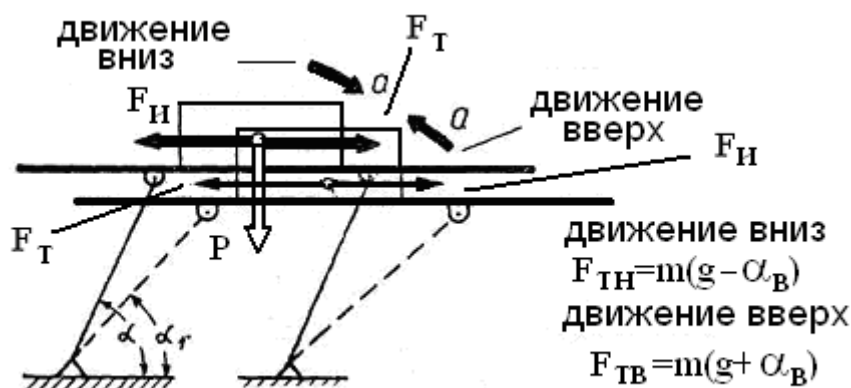


Рис.6.13.

В этом случае сила трения между телом и плоскостью будет изменяться вместе с изменением направления движения. Когда плоскость движется вниз, сила трения

$$F_{\text{т. н}} = m (g - a_{\text{в}}) \mu, \quad P = mg,$$

где $F_{\text{т.н}}$ - сила трения при движении вниз;

$\alpha_{\text{в}}$ - вертикальное ускорение;

При движении плоскости вверх сила трения

$$F_{\text{т. в}} = m (g + a_{\text{в}}) \mu.$$

При сравнении этих двух уравнений видно, что сила трения изменяется в зависимости от изменения величины ускорения $a_{\text{в}}$.

Если ускорение $a_{\text{в}}$ будет больше g , то сила трения приобретает отрицательное значение. При этом тело под действием силы инерции будет отрываться от плоскости, и отставать от нее.

Отсюда видно, что если привести эту систему в быстрое колебательное движение, то тело начнет рывками перемещаться влево.

Но оказывается, что можно таким же способом заставить перемещаться тело по наклонной плоскости (см.рис.6.14.).

При движении плоскости вниз и вверх эта сила действует в одном

и том же направлении.

Для того чтобы получить в этом случае движение тела вверх по плоскости, нужно обеспечить следующие условия: При движении плоскости вниз - $F_T + P_T < F_H$ - тело переместится относительно плоскости влево.

При движении плоскости вверх - $F_T > P_T + F_H$ - тело будет двигаться вместе с плоскостью.

Эти условия выполняются приведением в быстрое колебательное движение.

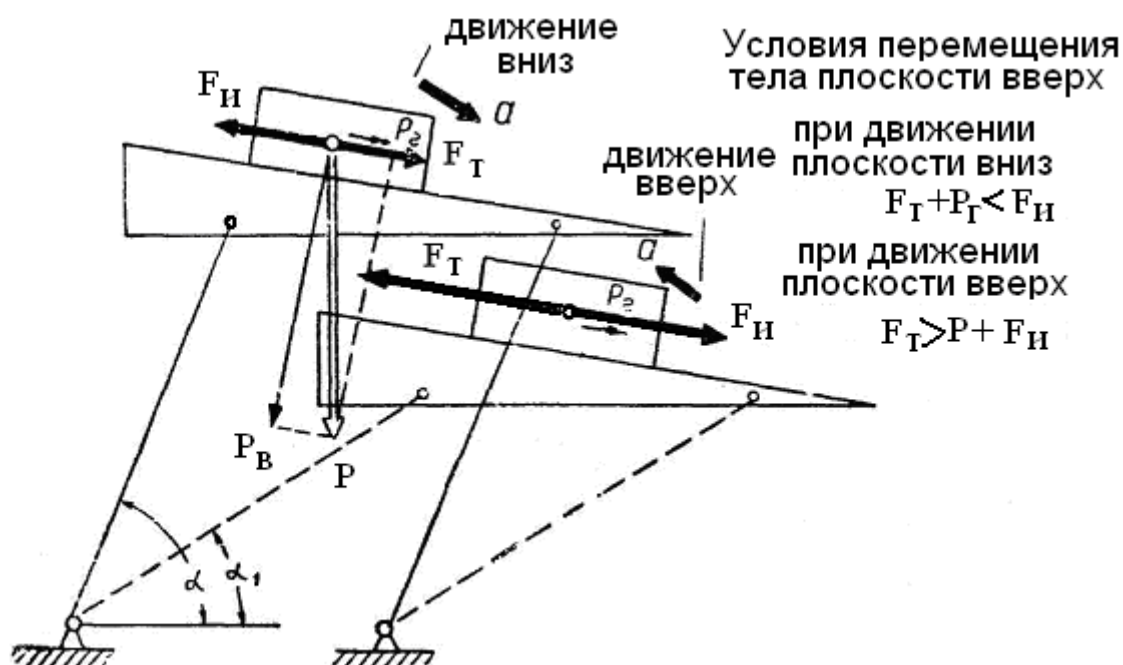


Рис.6.14.

Производительность вибрационного бункера определяется:

$$Q = \frac{60}{1_3} \frac{V_3}{\ell_3} K_3 \text{ [шт/мин]},$$

где V_3 - скорость движения заготовки по лотку в мм/с;

ℓ_3 - размер заготовки, которым она располагаетя вдоль лотка;

K_3 - коэффициент заполнения, учитывающий разрывы в потоке заготовок, движущихся по лотку.

Скорость движения заготовки по лотку можно регулировать за счет изменения зазора между якорем и сердечником электромагнитов и за счет изменения напряжения в цепи, питающей электромагниты. Коэффициент заполнения вибрационного бункера колеблется в

широких пределах в зависимости от формы детали (заготовки). Так, для гладких небольших деталей $K_3=0,8...0,9$, для корончатых $K_3=0,4...0,5$.

Глава 7

Системы автоматического управления станками и технологическими агрегатами

7.1. Вводные понятия

Чтобы получить правильное представление о системах автоматического управления необходимо познакомиться с функциональной схемой механизированного исполнительного органа (см.рис,7.1.).

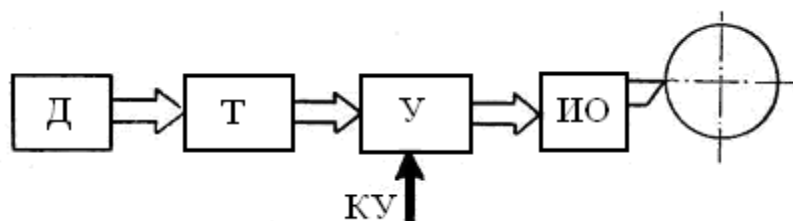


Рис.7.1. Типовые узлы привода:

Д -двигатель (источник движения, электродвигатель, пневмодвигатель); Т - трансмиссия - передает движение исполнительному органу; У- все элементы, с помощью которых обеспечивается включение привода, нужное направление и скорость движения, торможение, выключения привода; ИО - исполнительный орган станка, несущий режущий инструмент или обрабатываемую деталь; КУ - команды управления, подаваемые человеком

Жирными стрелками показано, что элементы привода передают значительную мощность и усилия. Управляющие команды человек подает через рукоятки и кнопки управления.

При автоматизации команды управления КУ вместо человека выдает специальная система (управляющий механизм). Автоматические управляющие системы можно подразделить на следующие основные виды:

- 1) командно-приводная кулачковая система управления;
- 2) простая командная система управления;
- 3) простая командная система управления последовательного действия;

- 4) следящая командная система;
- 5) система управления с активным контролем;
- 6) система числового программного управления.

7.2. Командно-приводная кулачковая система управления

Командно-приводная кулачковая система управления широко применяется в автоматизированных металлорежущих станках и во многих автоматах различных отраслей промышленности. Это система была известна давно. Еще в XVII веке механик-изобретатель А.К.Нартов создал первый токарно-копировальный станок, где перемещения резца по сложной программе выполнялась с помощью вращающегося копира (см.рис.7.2.).

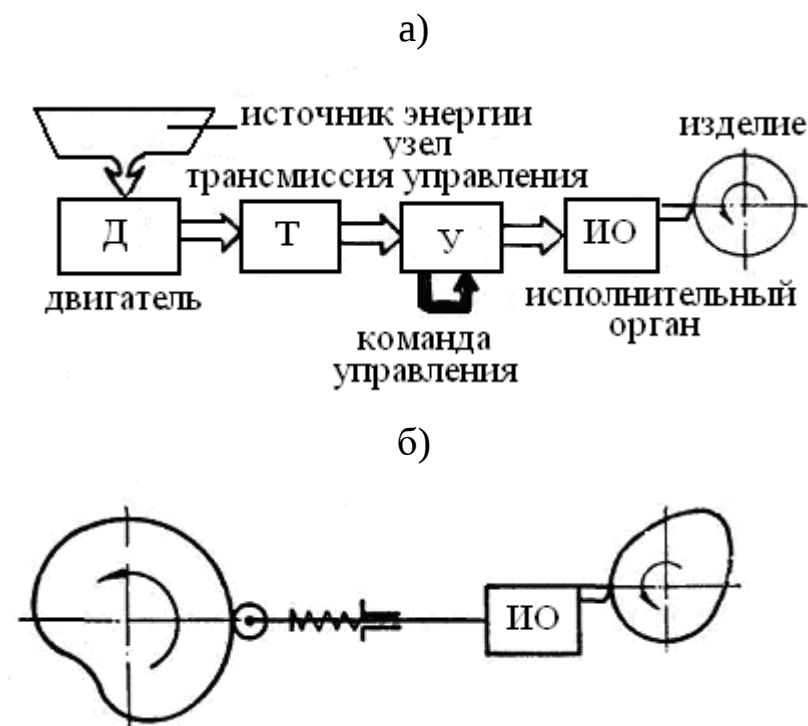


Рис.7.2. Принципиальная схема автоматического устройства с командно-приводной кулачковой системой управления:

а-функциональная схема; б-схема привода и управления с кулачковым барабаном и с дисковым кулачком

В автоматизированном приводе с командно-приводной кулачковой системой управления команды на управление и выполнение этих команд обеспечиваются командно-приводными кулачками.

В большинстве прутковых автоматов также используется кулачковая система управления, которая обеспечивает работу

механизмов подачи и зажима прутка, подачу суппортов и револьверной головки.

Широкое применение находит командно-приводная система управления при обработке деталей с криволинейными поверхностями на токарных, фрезерных станках.

В последние годы механические копирующие устройства успешно применяют для ступенчатых валов. Главной их особенностью является возможность использования не только в массовом и крупносерийном, но и в мелкосерийном производстве. Общая весьма важная особенность устройств с командно-приводной системой управления состоит в том, что управляющие кулачки сами приводят в движение, исполнительные органы станка, воспринимая большие усилия. Исходя из этого, они должны быть массивными и прочными, чтобы выдерживать значительные усилия. Однако изготовление кулачков для сложных программ обходится очень дорого.

Поэтому командно-приводные системы применяются обычно в условиях массового и крупносерийного производства или при групповой обработке деталей в мелкосерийном производстве. Еще одна особенность командно-приводных систем управления - это за счет больших нагрузок, испытываемыми кулачками последние быстро изнашиваются и не могут обеспечить выполнение заданной программы длительное время с высокой точностью. Преимущество системы - чисто механическая схема, и поэтому она надежно работает при низкоквалифицированном обслуживании. **Очень важным является совмещение функции управления и привода. Другое большое преимущество - возможность обеспечения строгой последовательности исполнения команд и сравнительно сложного характера.**

7.3. Простая командная система управления

Чтобы уменьшить нагрузку элементов, обеспечивающих заданную программу управления, применяют отдельные системы. К таким системам относится простая командная система управления (см. рис 7.3.).

Командоаппарат в заданной последовательности подает с помощью кулачков или другим способом команды исполнительным органам узла управления. Исполнительные органы могут быть механическими, электрическими, пневматическими, гидравлическими.

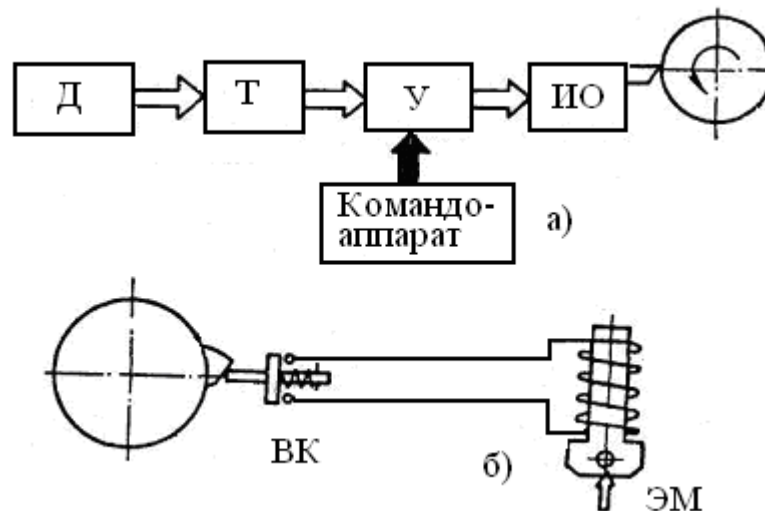


Рис.7.3. Принципиальная схема простой командной системы управления:

а- функциональная схема; б-электрическая командная система; ВК-выключатель конечный; ЭМ – электромагнит

Основным признаком системы управления является наличие командоаппарата - носителя программы, которая задается станку.

7.4. Простая командная система управления последовательного действия

Заданная последовательность действия надежно обеспечивается другой системой управления - простой командной децентрализованной системой последовательного действия (см. рис. 7.4.).

Особенность этой схемы заключается в том, что она является путевой. Команды на управление подаются не в функции времени, а в функции пути, пройденными исполнительными органами машины. Путевая система управления обеспечивает строго последовательную работу исполнительных органов. Команду на изменение направления дает сам исполнительный орган машины.

Путевые системы управления широко применяются в тех случаях, когда нужно обеспечить, строгую последовательность действия большого числа исполнительных органов, например, разнообразных механизмов автоматической линии.

При остановке какого-нибудь органа из-за неисправности вся система также автоматически прекращает работу.

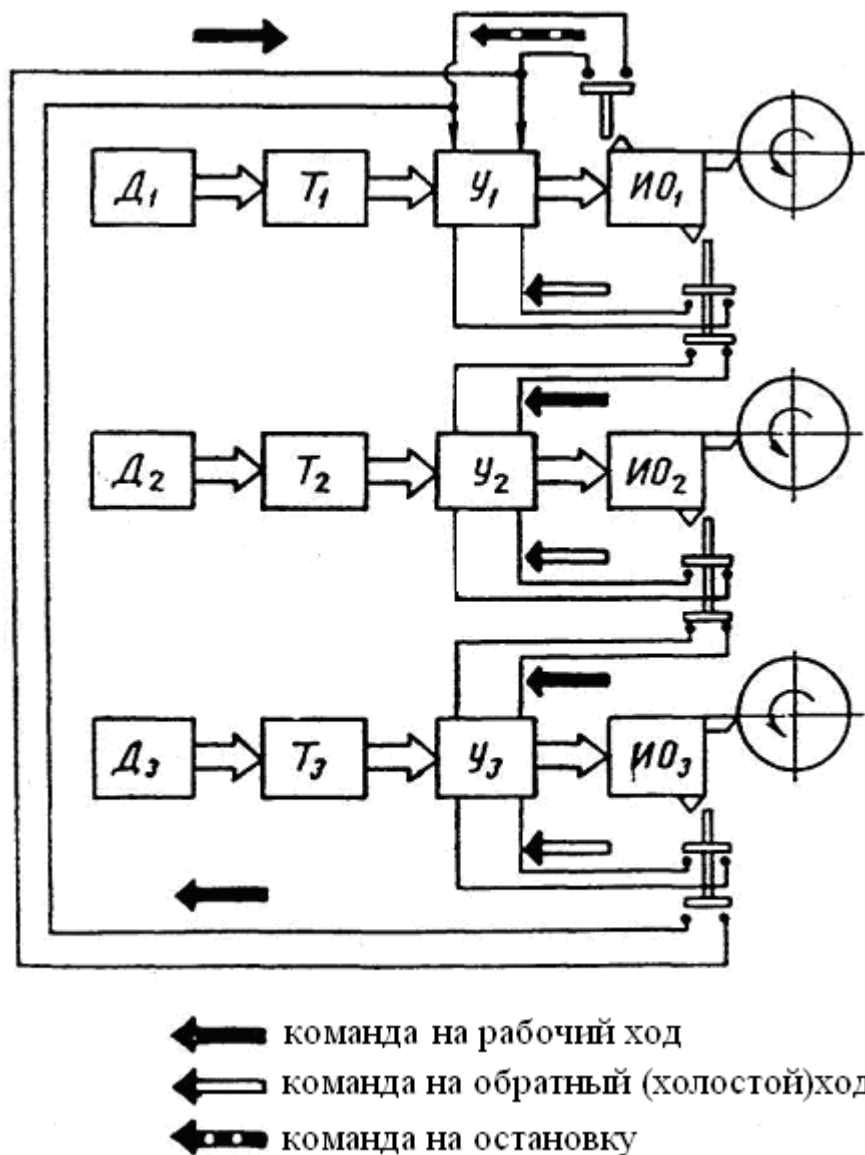


Рис.7.4. Простая командная система управления последовательного действия

7.5. Следящая командная система управления

Заданный профиль обрабатываемой детали обеспечивается сложением задающей и следящей подачи S_z и S_c (см. рис. 7.5.).

Задающей подачей в следящих копировальных системах обычно называют движение, направление которого в процессе обработки детали остается неизменным. Скорость его обычно также постоянна, но в некоторых устройствах делается изменяющейся.

Задающая подача обычно обеспечивается механизмами подачи станка.

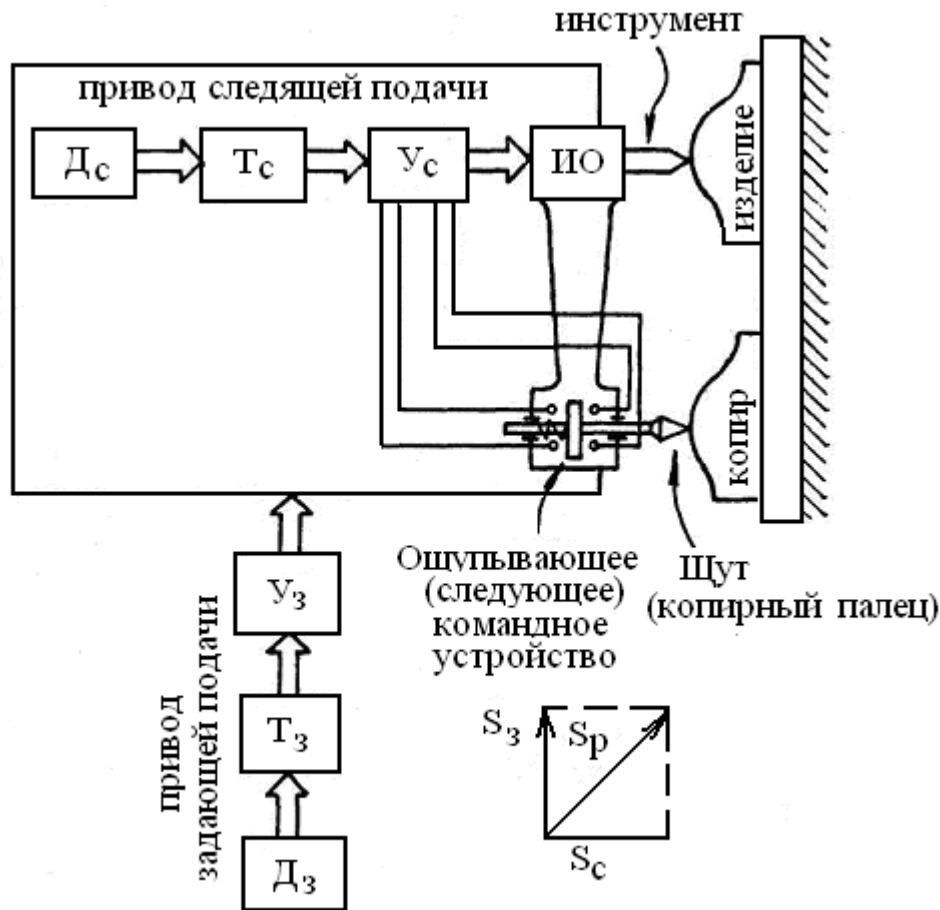


Рис.7.5. Следящая командная система управления:
 S_z -задающая подача; S_c -следящая подача; S_p -результатирующая подача

Следящая подача в отличие от задающей, изменяется и по величине и по направлению в соответствии с профилем копира и обеспечивается следящей системой.

Следящий привод представляет собой усилительное устройство, в котором исполнительный двигатель (выходное звено автоматически воспроизводит движения задающего устройства, обеспечивая при этом требуемое усилие, выходной мощности двигателя за счет внешней энергии, а также определенную точность закона перемещения последнего, задаваемого входом.

7.6. Система управления с активным контролем

Рассмотрим системы с подачей управляющих команд по результатам контроля деталей в процессе обработки (см. рис 7.6.).

Перемещение исполнительного органа в процессе обработки

непрерывно или периодически фиксируется контрольным устройством, которое измеряет фактический размер обрабатываемой детали. Как только получен заданный размер, контрольное устройство

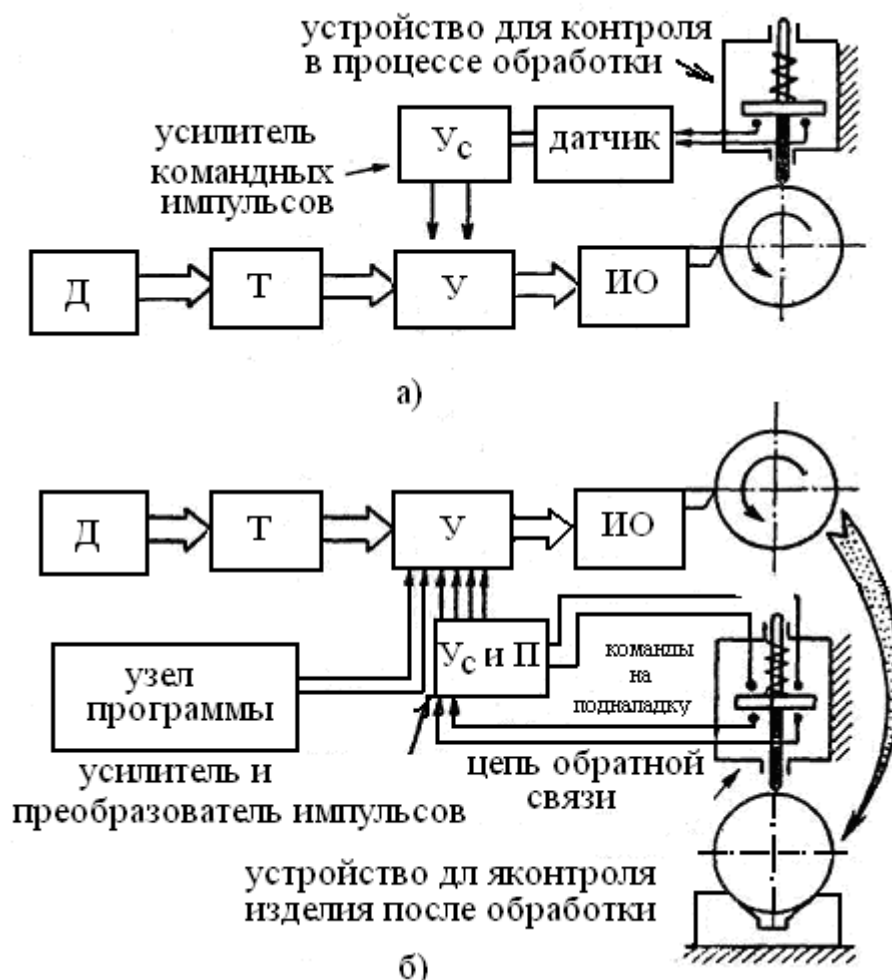


Рис.7.6. Структурные схемы системы управления с активным контролем:

а) - с подачей команд в процессе обработки; б) - с подачей команд на подналадку

подает команду на остановку или на отвод от изделия исполнительного органа. К исполнительным органам относятся: шпиндели, рабочие столы и другие рабочие органы станка, сообщающие движение инструментам и обрабатываемым заготовкам.

7.7. Система числового программного управления

Перемещение рабочих органов станка характеризуется размерами и скоростью (см.рис.7.7.). Если задаться системой отсчета размеров перемещений соответственно карте эскизов обработки и скоростью

по расчетным режимам, то получают числа, определяющие необходимые перемещения. Эти числа наносят на программноноситель, чтобы считывающее устройство подавало сигнал на рабочие органы, когда произойдет соответствующее указание программноносителя. Программноносителем является перфолента, магнитная лента, фотолента, перфокарта, магнитный барабан и др.

Запись программы на программноноситель производят определенным кодом вне станка. Подготовка программ производится программистами, составляющими таблицы величин, направления, скорости рабочих органов, либо с помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ), что позволяет централизовать составление и автоматизировать подготовку самих программ. Программноноситель вводится в считывающее устройство, которое преобразует числовой сигнал в электрический. Получив сигнал от считывающего устройства, рабочий орган начинает перемещение, пока не поступит следующий сигнал на изменение скорости, направления или остановки движения. Сочетание станков с числовым программным управлением (ЧПУ) с ЭВМ позволяет получать оптимальные режимы резания для каждого технологического перехода и большие скорости движения для каждого вспомогательного перехода. Поэтому станки с ЧПУ обеспечивают высокое качество обработки и производительность труда.

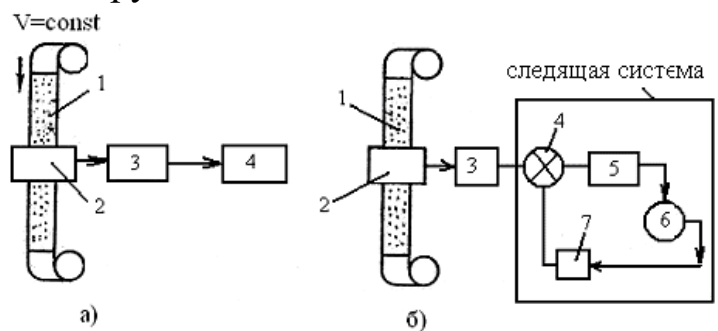


Рис.7.7. Системы станков с ЧПУ:
а - без обратной связи; б - с обратной связью

Система ЧПУ без обратной связи (рис.7.7,а) имеет рабочий орган 4, управляемый с помощью программноносителя, считывающего устройства 2, промежуточного звена 3. Отклонения от заданного технологического процесса, записанного на программноносителе, движущимся рабочим органом не контролируются.

Система ЧПУ с обратной связью (см.рис.7.7,б) позволяет непрерывно сопоставлять движение рабочего органа с заданным програм-

моносителем. Двигатель исполнительного механизма 6 через усилитель 5, следящую систему со сравнивающим устройством - 4 промежуточное звено 3, считывающее устройство 2 (дешифратор) получает сигнал от программоносителя. Контроль обработанной детали или движения рабочего органа производится размерным датчиком обратной связи 7, подающим преобразованные результаты измерения в сравнивающее устройство 4. В нем сравниваются сигналы, поступающие от дешифратора 2 и датчика 7. Если датчик 7 не подает сигнала об отклонении, то рабочий орган продолжает движение только по сигналам дешифратора. При отклонении перемещения рабочего органа относительно заданного по программе в сравнивающем устройстве 4 вырабатывается сигнал рассогласования, подающийся в усилитель 5 и исполнительное звено 6. Оно производит корректировку движения (положения) рабочего органа, чтобы его движение происходило точно по программе.

Программоноситель может подавать команды не только на рабочие органы, но и на повороты револьверной головки, магазины с установленными инструментами на многооперационных станках и т.п. Системы с ЧПУ легко переналаживаются на разные программы обработки и поэтому находят широкое применение в серийном и мелкосерийном производстве.

Глава 8

Механизация и автоматизация контроля технологических процессов на локомотиворемонтных предприятиях при выпуске запасных частей

8.1. Общие сведения

В настоящее время, перед локомотиворемонтными предприятиями стоит задача всемерного развития автоматизации не только процессов обработки и сборки, но и связанных с ним процессов контроля, а также оснащения металлорежущих станков и технологических агрегатов средствами «активного» контроля.

Широкое применение средств «активного» контроля, в конечном счете приводит к повышению производительности труда на 15...20% и снижению брака на 80...90% по сравнению с существующими. Необходимость автоматизации контроля диктуется еще тем, что

сокращается вспомогательное время, которое, например, при обработке деталей на токарных станках составляет более 25% всего вспомогательного времени.

В производстве запасных частей применяются два принципиально отличных друг от друга метода контроля, а именно:

I. Контроль размеров и качества изделия после выполнения процесса механической обработки или сборки;

II. Контроль размеров и качества изделия в ходе выполнения процесса механической обработки или сборки.

Функции устройств для контроля размеров и качества изделий после выполнения процесса механической обработки или сборки сводятся, в основном, к отделению годных изделий от бракованных. И в условиях селективной сборки, к сортировке изделий по размерным группам в соответствии с их фактическими размерами.

Этот вид контроля называется «пассивным», так как он не дает возможности в процессе механической обработки или сборки влиять на результат процесса.

Если устройство для контроля размеров и качества изделий в ходе процесса механической обработки или сборки оснастить органами, выполняющими функции управления исполнительными механизмами станка, то данное устройство может самостоятельно управлять ходом технологического процесса, т.е. служить средством «активного» контроля. Эти устройства, в основном, применяются на заводах массового и крупносерийного производства. Следует отметить, что количество работающих устройств на заводах незначительно по причине того что:

1). Первичный измерительный орган должен непрерывно следить за изменением размера независимо от скорости и направления технологического движения;

2). Невозможно поместить показывающий прибор на обрабатываемой поверхности т.к. он может быть поврежден сходящей стружкой, смазочно - охлаждающей жидкостью или абразивной пылью. Поэтому необходимо выносить показывающий прибор из зоны обработки (обеспечить дистанционность измерения);

3). В процессе обработки деталей за счет их отжата точность показаний приборов искажается;

4). Попадания стружки и смазочно-охлаждающей жидкости между первичным измерительным органом и обрабатываемой поверхностью может привести к случайным показаниям приборов и, следовательно, к несвоевременной подаче сигналов

исполнительному органу станка;

5). Контрольное устройство должно быть простым, удобным и быстро подводиться и отводиться от детали, а также не мешать съему и установке деталей;

6). Контрольные устройства должны быть универсальными, пригодными для установки на станки различного назначения, обрабатывающих различные по размерам конфигурации и точности детали.

8.2. Принцип выбора контрольных устройств

При выборе контрольных устройств необходимо стремиться к:

I. Наибольшему снижению трудовых затрат на контрольные операции, т.е. стремиться к наиболее производительным контрольным операциям из всех экономически равноценных вариантов;

II. Наибольшему снижению затрат на содержание органов технического контроля;

III. Возможно большему расширению производственных допусков за вычетом погрешностей измерения;

IV. Выбору экономически наиболее целесообразных контрольных устройств.

Экономические показатели контрольных устройств:

- 1) стоимость контрольных устройств;
- 2) продолжительность работы до повторной установки на размер (стабильность);
- 3) продолжительность работы до ремонта (надежность);
- 4) время установки на размер;
- 5) время, идущее на процесс измерения;
- 6) квалификация контролера - оператора

Выбор различных форм и степеней автоматизации контрольных операций и применение того или иного метода контроля определяется рядом критериев, зависящих от точности обрабатываемых машин и поля допуска.

Большинство известных в настоящее время устройств для «активного» контроля размеров деталей в процессе обработки имеют общий недостаток.

В качестве первичного измерительного органа в них используется измерительный наконечник, непрерывно контактирующий с обрабатываемой деталью.

При существующих способах установки измерительного наконечника на конце рычага или штока необходимая жесткость подвески может быть практически обеспечена только в одной плоскости. Если перемещение контролируемой поверхности детали, находящейся в движении, происходит в другой плоскости, то неизбежен износ подвески и резкое снижение точности измерения. Поэтому такие устройства могут быть использованы только в одном сечении. Находясь в непрерывном контакте с поверхностью обрабатываемой детали, измерительный наконечник быстро изнашивается.

Приходится производить частую подналадку устройства.

Наконечники прижимаются к детали с усилием до 10 Н.

При таких условиях вибрации обрабатываемой детали вызывают появление вибраций контрольного устройства и снижение точности измерений. Существующие контрольные устройства не унифицированы, т.к. не обладают универсальностью и не могут быть использованы в различных условиях обработки на разных станках. Подвод и отвод измерительных наконечников при смене обрабатываемой детали обычно с трудом поддается механизации и автоматизации, исключение составляют двухконтактные устройства для контроля валов.

Из сказанного ясно, что в дальнейшем нужно по линии:

- 1) разработки принципиально нового типа первичных измерительных органов, не имеющих недостатков, присущих непрерывно скользящему контакту;
- 2) исключить длинную механическую цепь от наконечника до прибора;
- 3) усовершенствовать способ базирования контрольных устройств. Рассмотрим некоторые пути решения этой проблемы.

Подача команд на управление может быть непосредственной или с помощью датчика, преобразующего сигналы контрольного устройства. На большинстве машиностроительных заводов применяются накидные индикаторные скобы, предназначенные для контроля размеров деталей, обрабатываемых на круглошлифовальных станках. На рис 8.1. приведена трехконтактная скоба.

Скоба опирается на обрабатываемую деталь 1 в трех точках - нижним 2 и боковым 3 наконечниками и измерительным наконечником, закрепленным на конце измерительного штока 4. Поэтому скобу называют трехконтактной. Для лучшего удержания скобы на детали нижний наконечник смещают на $5...10^\circ$, а деталь

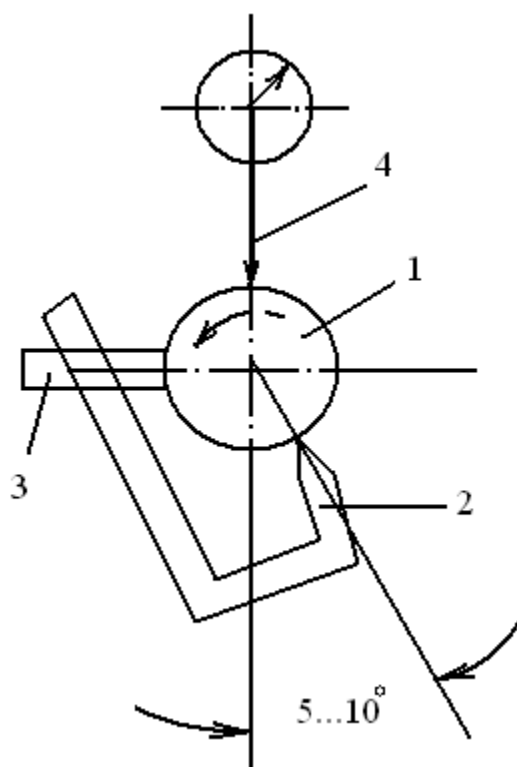


Рис 8.1. Трехконтактная скоба

вращают против часовой стрелки. Основной недостаток такой скобы быстрое изнашивание измерительного штока и его направляющих из-за попадания внутрь корпуса пыли, частиц абразива, мелкой металлической стружки. Поэтому точность контроля ограничена.

Все устройства для контроля размеров в процессе обработки можно разделить на две основных группы:

1). Устройства для прямых измерений контактного типа: одноконтактные, двухконтактные, трехконтактные и бесконтактного типа.

Наиболее надежные результаты дает прямой контактный метод измерения. При бесконтактном методе фактический размер детали часто определяется путем определения величины зазора, например, с помощью фотоэлемента между поверхностью детали и измерительной базой контрольного устройства. Величина зазора может изменяться если поверхность детали покрыта пленкой, смазывающей охлаждающей жидкости или если в зазор попала пыль, мелкая стружка, что характерно для шлифовальных операций. При косвенных методах измерения о размере судят по перемещению частей станка или режущего инструмента, т.е. будет зависеть от такого фактора, как жесткость элементов технологической системы.

В дальнейшем будем рассматривать только устройства для прямых контактных измерений.

Если вместо индикатора или дополнительно к нему в корпус скобы установить датчик, который при достижении заданных размеров обрабатываемой детали будет включать сигнальные лампочки, то такое устройство будет сигнальным.

По загоранию лампочки рабочий сможет легко улавливать момент, когда нужно изменять режим обработки детали или закончить ее. Основным отличительным признаком для «активного» контроля является наличие в нем элементов, выполняющих функции управления исполнительными органами станка.

При установке и снятии обрабатываемой детали со станка все контрольное устройство или его части, контактирующие с контролируемой поверхностью, должны отводиться от детали.

Метод измерения и конструкция контрольного устройства должны обеспечивать автоматический отвод и подвод устройства при смене обрабатываемой детали. На точность измерения большое внимание оказывает способ установки и базирования контрольного устройства.

Контрольное устройство может базироваться на станке или на обрабатываемой детали.

В первом случае связь устройства с деталью обеспечивается только в одной точке.

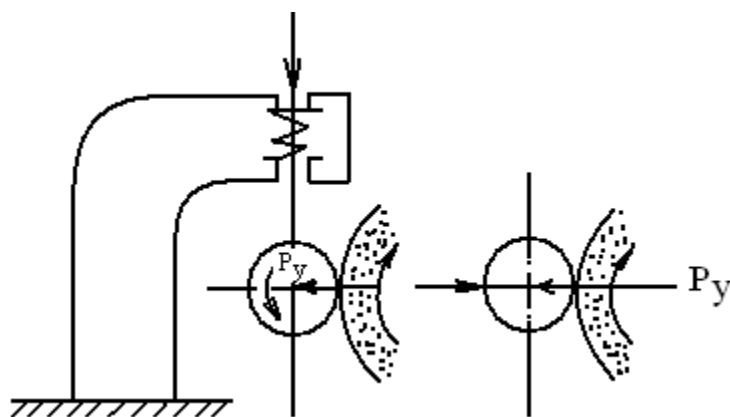


Рис 8.2.

При этом любое изменение положения детали по отношению к станку, вызванное, например, ее отжатием силой резания, будет непосредственно сказываться на результатах измерений. Особенно, погрешность будет велика при совпадении действия силы (P_y - усилие резания).

В двухконтактных устройствах, базирующихся на обрабатываемой детали и на станке, связь с деталью обеспечивается опорным и

измерительными наконечниками (см.рис.8.3.).

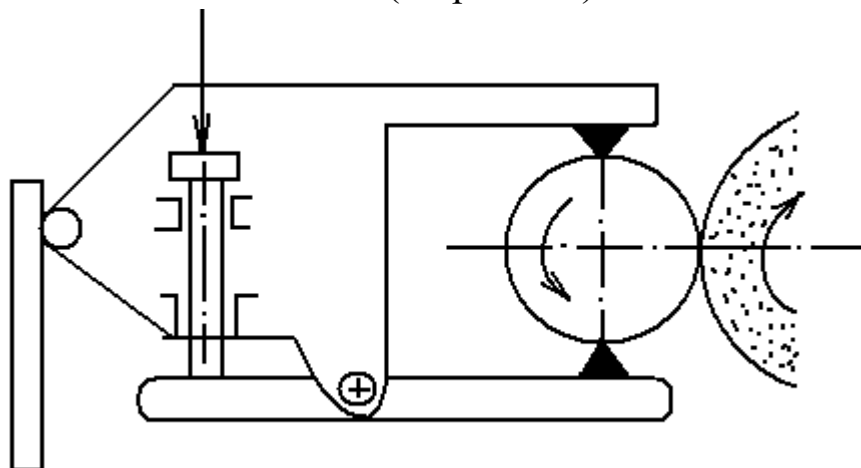


Рис. 8.3. Измерительный наконечник.

При колебаниях детали в вертикальной плоскости контрольное устройство будет следовать за деталью. Снижение точности измерения в этом случае может происходить из-за отжатия детали в горизонтальной плоскости. В трехконтактных устройствах, базирующихся на обрабатываемой детали, связь с ней обеспечивается двумя опорными наконечниками и первичным измерительным органом. (см.рис.8.4.).

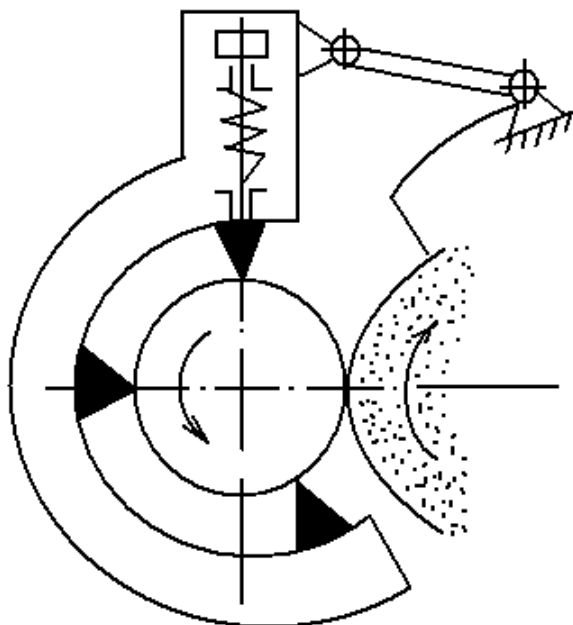


Рис 8.4. Опорные наконечники.

Устройство удерживается на детали с помощью пружины или прижимается к ней другим способом так, что в процессе резания следует за обрабатываемой деталью. На первый взгляд трехконтакт-

ные устройства должны лучше работать, чем одно и двухконтактные, однако это не получается в силу: если контрольное устройство базируется на детали двумя опорными наконечниками, то достаточно небольшого бокового усилия, например, действующего вдоль детали, чтобы устройство было перекошено. Избежать переноса невозможно, т.к. при шарнирной подвеске на станке это потребовало бы создания громоздких конструкций, неудобных в работе. Базирование на детали вызывает также колебания контрольного устройства, вызванные не только колебаниями обрабатываемой детали, но и изменением сил трения между наконечниками и неровностями на обработанной поверхности, наблюдается раскачивание стрелки.

Трехконтактные устройства, базирующихся на детали с помощью призмы имеют также недостатки (см.рис.8.5.).

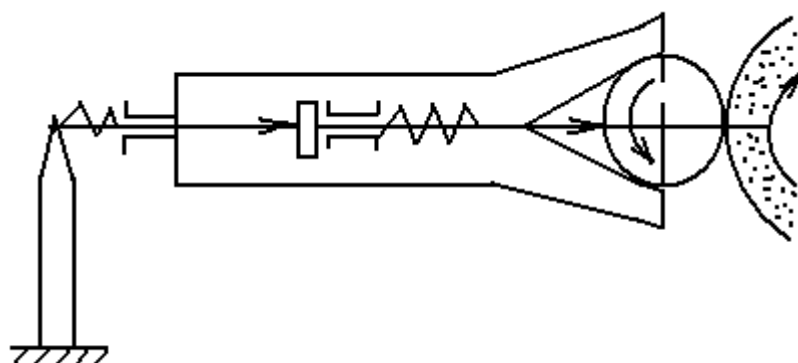


Рис. 8.5.

При прижатии к детали, необходимой для получения надежного базирования между поверхностями, развивается сила трения, призма стремится повернуться вместе с деталью. Но т.к. поворот призмы ограничивается подвеской устройства, то деталь, поворачиваясь в призме, как бы затягивает ее на себя. Призма и деталь сближаются, что непосредственно влияет на точность измерения. В связи с этим в последние годы выпущены двухконтактные устройства различных конструкций, работающие более надежно и с большой надежностью, чем трехконтактные.

Двухконтактная схема оказалась также наиболее удобной с точки зрения механизации и автоматизации подвода и отвода устройства от детали. Для этой цели используют обычно пневмо или гидроцилиндры, перемещающие устройство в горизонтальной плоскости.

Электроконтактные датчики преобразуют линейные перемещения измерительного штока контрольного устройства в электрический сигнал, который может быть использован для управления станком.

Весьма успешно электроконтактные датчики используются в других устройствах «активного» контроля - подналадчиках, защитно-блокирующих устройствах и в контрольных автоматах, предназначенных для окончательного контроля и размерной сортировки изделий.

2). Индуктивные датчики, в отличие от электроконтактных, являются бесконтактными. В типичной схеме датчика (см. рис. 8.6.) щуп 3 опирается своим наконечником 1 на измерительный шток 2 контрольного устройства. Перемещение штока вызывает подъем или опускание якоря 4, подвешенного к корпусу 6 на плоской пружине 5. Якорь помещен между двумя катушками 7 и 8, которые включены в преобразующую электрическую схему, представляющую собой электрический мост, при приближении якоря к какой-либо из катушек ее реактивное сопротивление возрастает, а реактивное сопротивление другой катушки, от которой якорь удаляется, становится меньше.

Электрический мост питается переменным током промышленной частоты через трансформатор 11 и стабилизатор напряжения 10. Если якорь датчика занимает среднее положение, при котором выполняется условие $R_1R_4=R_2R_3$, то мост находится в равновесии и ток в диагонали моста между точками А и Б отсутствует. При любом другом положении якоря, когда реактивные сопротивления катушек оказываются неодинаковыми, в измерительной диагонали АБ появляется электрический ток, который регистрируется гальванометром 9.

По перемещению стрелки гальванометра можно судить об изменении размера детали в процессе обработки.

Главный недостаток индуктивных датчиков состоит в том что они дают при работе непрерывный электрический сигнал и их трудно использовать для подачи команд на управление станком. Но по сравнению с электроконтактным датчиком, индуктивные обладают важным преимуществом - они способны давать усредненный результат измерения.

Благодаря этому свойству индуктивные датчики иногда используют в устройствах для «активного» контроля, хотя это и связано с необходимостью применения сложных схем.

В схеме контроля размеров с обкаточным диском первичный измерительный орган (обкаточный диск 1), в отличие от скользящего контакта, катится по поверхности контролируемой детали без скольжения (см.рис.8.7.). Изменение диаметра детали 2 вызывает

соответствующие изменения скорости вращения обкаточного диска 1, которая может быть преобразована в показания какого-либо прибора.

Устройства с обкаточным диском контролируют по существу периметр детали в заданном сечении. Это открывает широкие возможности для контроля в процессе обработки деталей сложной формы, например, разного рода кулачков, эксцентриковых валов и т.п.

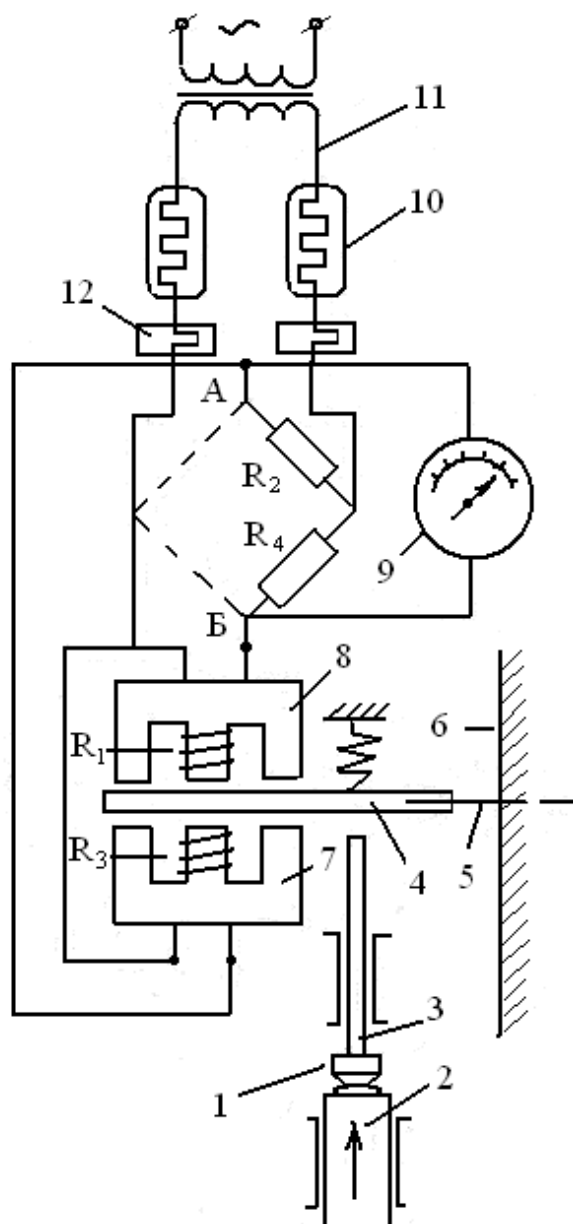


Рис. 8.6. Схема индуктивного датчика и его включение в электрическую мостовую схему:

1-наконечник; 2-измерительный шток; 3-шуп; 4-якорь; 5-пружина; 6-корпус; 7,8-катушки; 9-гальванометр; 10-стабилизатор напряжения; 11-трансформатор;

12-электротепловое реле; R_1 , R_2 , R_3 , R_4 - плечи моста

Из-за отжатия детали режущим инструментом не будет сказываться на точности измерений. К настоящему времени разработано несколько конструкций контрольных устройств с первичным органом в виде обкаточного диска для использования на токарных карусельных и других станках. Однако ни одна из этих конструкций не применяется в промышленности из-за того что:

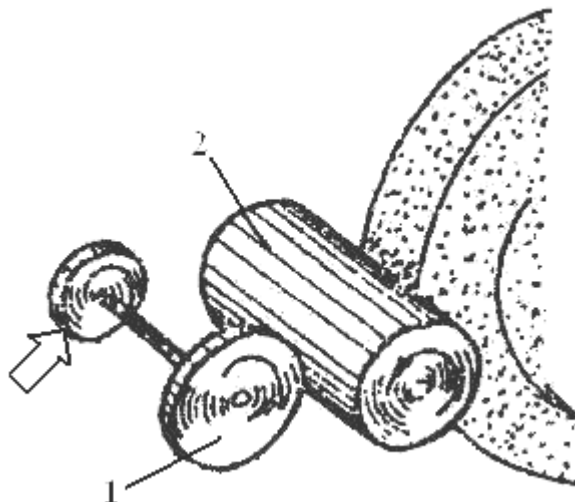


Рис. 8.7. Схема контроля размеров с помощью обкаточного диска:
1 - обкаточный диск; 2 - контролируемая деталь

1). До сих пор не найден способ отсчета чисел оборотов и долей оборота обкаточного диска с высокой точностью.

2). Нет конструктивных решений, обеспечивающих строгую параллельность осей диска и обрабатываемой детали. Если же оси не параллельны, то диск начинает проскальзывать, и точность измерения существенно уменьшается. Первичный измерительный орган (вибрирующий щуп) представляет собой рычаг с измерительным наконечником, подвешенным на плоской пружине (см.рис. 8.8.).

Щуп 2 приводится в гармоническое колебательное движение с помощью электромагнита 1, питаемого переменным током 50 Гц. При частоте тока 50 Гц щуп будет совершать 100 колеб/с. Собственная частота щупа настраивается на 100 Гц. При свободном колебании щупа его амплитуда будет наибольшей. Если же подвести щуп к обрабатываемой поверхности детали и тем самым ограничить размах его колебаний, то при последующем изменении положения обрабатываемой поверхности в результате снятия припуска, амплитуда и размах колебаний щупа будут снова возрастать. Очевидно, что изменение величины амплитуды будет

характеризовать величину снимаемого припуска. Измеряя тем или другим способом величину размаха колебаний вибрирующего щупа, можно определять действительный размер обработанной детали.

Применение вибрирующего щупа в качестве первичного органа дает возможность получить высокую точность измерений. Вибрирующий щуп при каждом колебании соприкасается с поверхностью контролируемой детали на очень короткое время (микросекунды). Поэтому скольжение наконечника щупа по поверхности детали отсутствует, (см.рис. 8.8.).

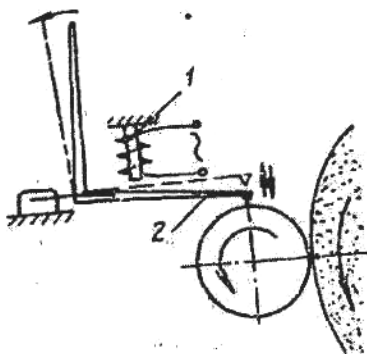


Рис. 8.8. Схема вибрирующего щупа:
1-вибратор; 2-вибрирующий щуп

Износ наконечника вибрирующего щупа 2, благодаря отсутствию скольжения и весьма малому усилию, очень невелик. Усилие не превышает 0,01 Н. и при этом скорость движения щупа минимальна.

8.3. Классификация автоматических контрольных устройств

По характеру воздействия на технологический процесс, автоматические контрольные устройства подразделяется на 2 основные группы:

1. Устройства «активного» контроля;
2. Устройства «пассивного» контроля.

«Активные» контрольные устройства воздействуют на машину-орудие изменяя течение технологического процесса, «пассивные» устройства лишь фиксируют размер изделий или сортируют их на группы, не влияя на ход технологического процесса. «Активные» контрольные устройства подразделяются:

- а) устройства для контроля изделия в процессе его обработки;
- б) «подналадчики»;

в) блокирующие и защитные устройства.

Рассмотрим их:

а). Устройства для контроля размеров изделия в процессе обработки устанавливаются непосредственно на станке, обрабатывающем изделие и их назначением является подача сигнала о достижении изделием заданного размера или автоматическое изменение режима обработки (электроконтактный датчик с чернового на чистовое точение);

б). «Подналадчиком» называется контрольное устройство, располагаемое на станке, обрабатывающем изделие или вне его, и воздействующее на рабочий орган станка. После обработки (вручную или автоматически) изделие снимается со станка и вкладывается в измерительную систему «подналадчика». Если размер изделия отклонился от заданного, то исполнительный орган «подналадчика» воздействует на рабочий инструмент станка (на шлифовальном камне, изменяя его положение и корректируя размеры последующих изделий). Итак, по своей измерительной части «подналадчик» сходен с контрольным сортирующим устройством, контролирующим готовые изделия, а исполнительный орган «подналадчика» аналогичен исполнительному органу устройства для контроля изделий в процессе их обработки;

в). Блокирующие и защитные устройства по своей структуре близки к «подналадчикам». Они имеют измерительный орган, контролирующий размер изделия до и после его обработки и исполнительный орган, останавливающий станок или прекращающий его питание. Их назначение - остановка станка или прекращение подачи изделий в случае поломки рабочего инструмента, либо в случае поступления изделия с неудовлетворительными размерами. Все «активные» контрольные устройства являются профилактическими, предупреждающими появление брака.

«Пассивные» контрольные устройства

К «пассивным» принадлежат контрольно-сортирующие устройства. Их назначением является распределение изделий на группы в зависимости от фактических размеров изделий.

В тех случаях, когда изделия подбираются для взаимного сопряжения по оптимальному рабочему зазору, оказывается необходимым сортировать их на большее количество групп. Такие устройства следует называть не сортирующими, а контрольно-

сортирующими. «Пассивные» устройства являются инспекционными.

Автоматическая подналадка инструмента

Износ инструмента оказывает существенное влияние на точность обработки. Чтобы избежать брака вследствие размерного износа инструмента, выполняют более частую замену инструмента или применяют подналадку.

Рассмотрим сущность подналадки инструмента.

Если при обработке размер детали 1 возрастает и приближается к наибольшему предельному размеру, то резцу 2 сообщается перемещение величиной h_p (см.рис. 8.9.).

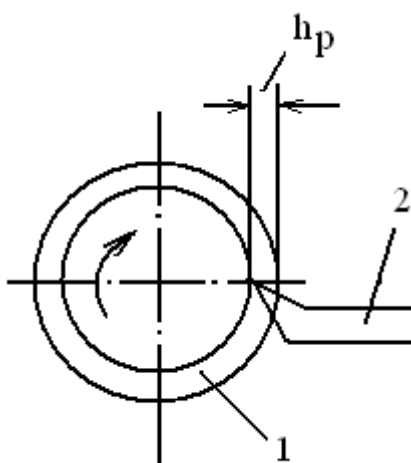


Рис 8.9.

Тогда размеры деталей, оставаясь в пределах поля допуска h_p , переместятся в сторону наименьшего предельного размера.

Такие периодические движения инструмента называются подналадкой, а устройства для осуществления этих движений подналадчиками. Любой «подналадчик» состоит из двух основных механизмов: измерительного органа - устройства для «активного» контроля, осуществляющего измерения размеров детали в процессе обработки и регулирующего органа, производящего «подналадку» инструмента при получении сигналов от измерительного органа. Впервые подналадка была применена в линиях из бесцентрово - шлифовальных станков, например, на Горьковском автозаводе (ГАЗ) в линии из 6 станков для шлифования наружной поверхности поршневых пальцев.

Шлифующие круги быстро изнашивались и размеры выходили из допустимых пределов.

Рассмотрим устройство и принцип работы автоподналадчика к бесцентровошлифовальному станку (см.рис. 8.10.). На этих станках шлифовальный и регулирующий (подающий) круги быстро изнашиваются, что приводит к увеличению диаметров изделий. Для компенсации износа кругов, бабка подающего круга должна периодически подвигаться к шлифовальному кругу, чтобы сохранить размеры изделия в заданных пределах. Эту операцию обычно выполняют вручную. Замена ручной подналадки специальными устройствами получила название автоподналадки, а сами устройства – «автоподналадчиков».

Заготовка в процессе обработки перемещается по направляющей ножа 1 и попадает на измерительную позицию - призму 4. Здесь деталь ощупывается наконечником 5 электроконтактного датчика 7. Наконечник 5 жестко связан с контактным рычагом 8, подвешенным на плоской пружине 6. Увеличение размера обрабатываемой детали приводит к замыканию рычагом 8 контакта 9 и выключению реле 10 управления механизмом подналадки. Реле, срабатывая, включает соленоид 18, с этого момента начинается подналадка станка.

Перемещение бабки 3 (показана пунктиром) с регулирующим кругом осуществляется при помощи винта 2. Перемещение регулирующего круга к шлифовальному приводит к компенсации их износа, т. е. к восстановлению размеров обрабатываемой детали. Винт 2 получает вращение от храпового колеса 15 через червячную передачу 16. Храповое колесо поворачивается собачкой 14, соединенной с качающимся рычагом 13. Этот рычаг получает качательное движение от мотора с редуктором 11 при помощи кулачка 12. За один оборот кулачка происходит одно двойное качание рычага 13. При включенном соленоиде (во время подналадки) рычаг 17 оттянут вниз, что позволяет рычагу 13 совершать качательное движение. При окончании подналадки размеры деталей уменьшаются и под измерительный наконечник 5 поступают детали заданных размеров. При этом рычаг 8 и контакт 9, размыкаясь, отключают соленоид 18. Далее рычаг 17 давит на скос ступицы 19 и поворачивает рычаг 13 по часовой стрелке, освободив его ролик из соприкосновения с кулачком 12. С прекращением качания рычага 13 приостанавливается вращение храпового колеса и винта 2. На этом автоподналадка прекращается. При уменьшении размера заготовок (деталей) автоматическая подналадка не производится, а сигнал об уменьшении размера подается светофорным устройством.

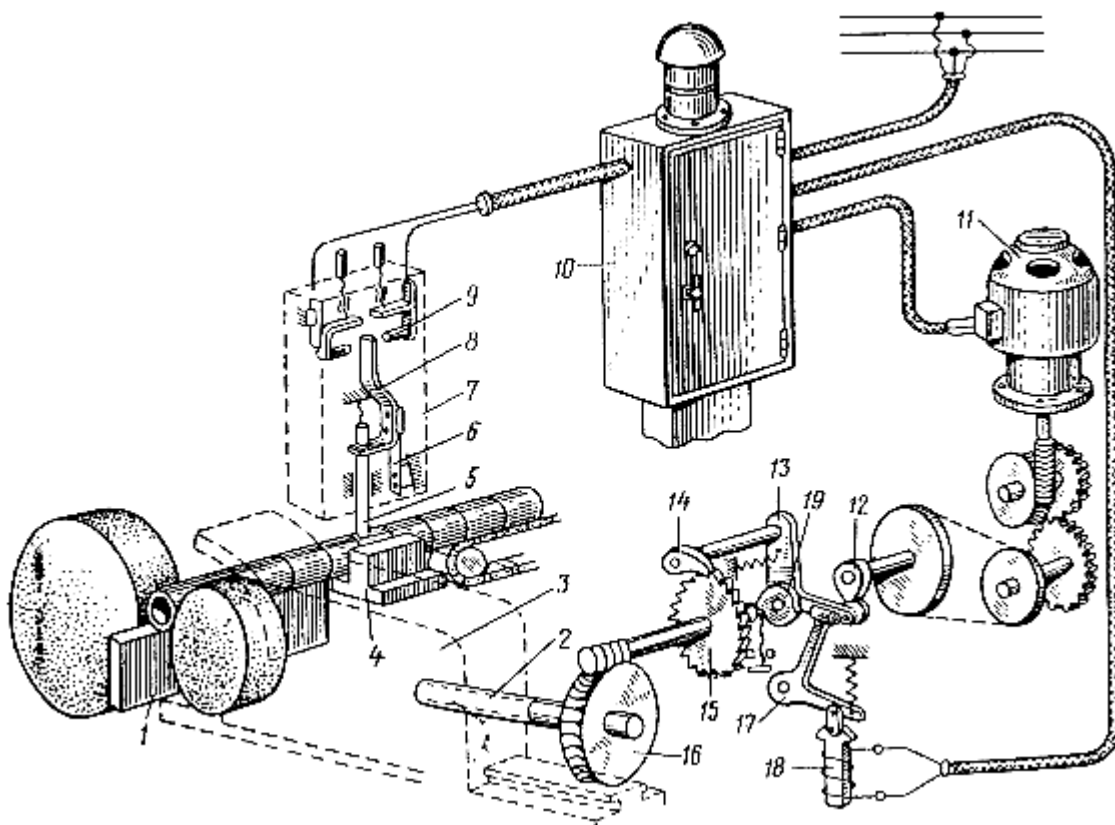


Рис. 8.10. Схема работы автоподналадчика:

1-нож направляющий; 2-винт; 3-бабка; 4-призма; 5-наконечник; 6-плоская пружина; 7-электроконтактный датчик; 8-контактный рычаг; 9-контакт; 10-реле; 11-редуктор; 12-кулачок; 13-рычаг качающийся; 14-сабачка; 15-храповое колесо; 16-червячная передача; 17-рычаг; 18-соленоид; 19-ступица.

Как видно из рисунка, электроконтактная головка располагается на некотором расстоянии от шлифовального круга. Детали с чрезмерно большими размерами, находящиеся в вышеуказанном промежутке, могут вызвать дополнительные импульсы на подналадку, т.е. привести к слишком большому перемещению регулирующего круга. Для предотвращения повторных импульсов на соленоид в схему введено реле времени с выдержкой до 12 с, необходимой для подачи на измерительную позицию новых деталей после корректировки от первого импульса. Случайные толчки (отдвигающихся заготовок с завышенным размером), передающиеся измерительному шпинделю, а также попадание посторонних тел (частицы абразива или стружки) в зону контакта измерительной иглы (наконечника) с деталями не оказывают влияния на четкость работы автоподналадчика. Общим недостатком автоподналадчиков бесцентровошлифовальных станков является недостаточная точность подналадки. Это вызывается тем, что механизм подналадки перемещает массивную бабку

регулирующего круга массой 400-600 кг (перемещение составляет несколько микрон). Поэтому из-за малости заданного перемещения импульс поглощается в промежуточных звеньях (от датчика до регулируемого круга) за счёт их упругих деформаций и погрешностей изготовления.

Повышая точность автоподналадки, стремятся максимально сократить кинематическую цепь подналадчика и перемещать не бабку регулирующего круга или суппорт токарного станка, а упор, ограничивающий движение исполнительного органа. (см.рис.8.11.).

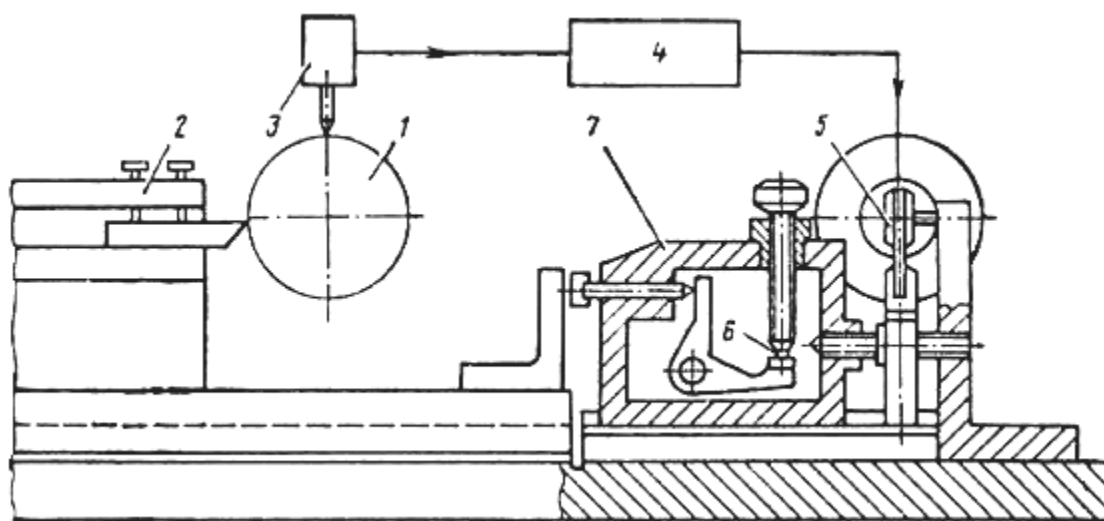


Рис.8.11. Схема автоподналадчика с регулируемым чувствительным упором

Рассмотрим схему подналадки с применением регулируемого чувствительного упора (см.рис.8.11.). Положение суппорта с резцом 2 по отношению к детали 1 определяется чувствительным упором 7 с электрическими контактами 6, размыкание которых приводит к остановке поперечного движения суппорта.

При чрезмерном изменении размера детали контролирующим датчиком 3 будет подана команда механизму подналадки 5. Последний переместит корпус чувствительного упора 7.

В системе подналадки предусмотрено специальное устройство 4 для сравнения результатов нескольких измерений, усреднения или обработки их заданным методом и подачи команды о регулировании чувствительного упора. Достоинство этого метода подналадки заключается в высокой чувствительности перемещения упора.

Назначение блокирующих и защитных устройств состоит в том, что они предотвращают попадание в станок заготовок с

завышенными размерами, останавливают станок в случае поломки режущего инструмента или прекращения подачи заготовок, контролируют правильность базирования деталей в приспособлениях.

Примером устройства «активного» контроля является также приспособление для проверки глубин просверленных отверстий в корпусных деталях (см.рис.8.12.), подающее при необходимости команду об остановке станка.

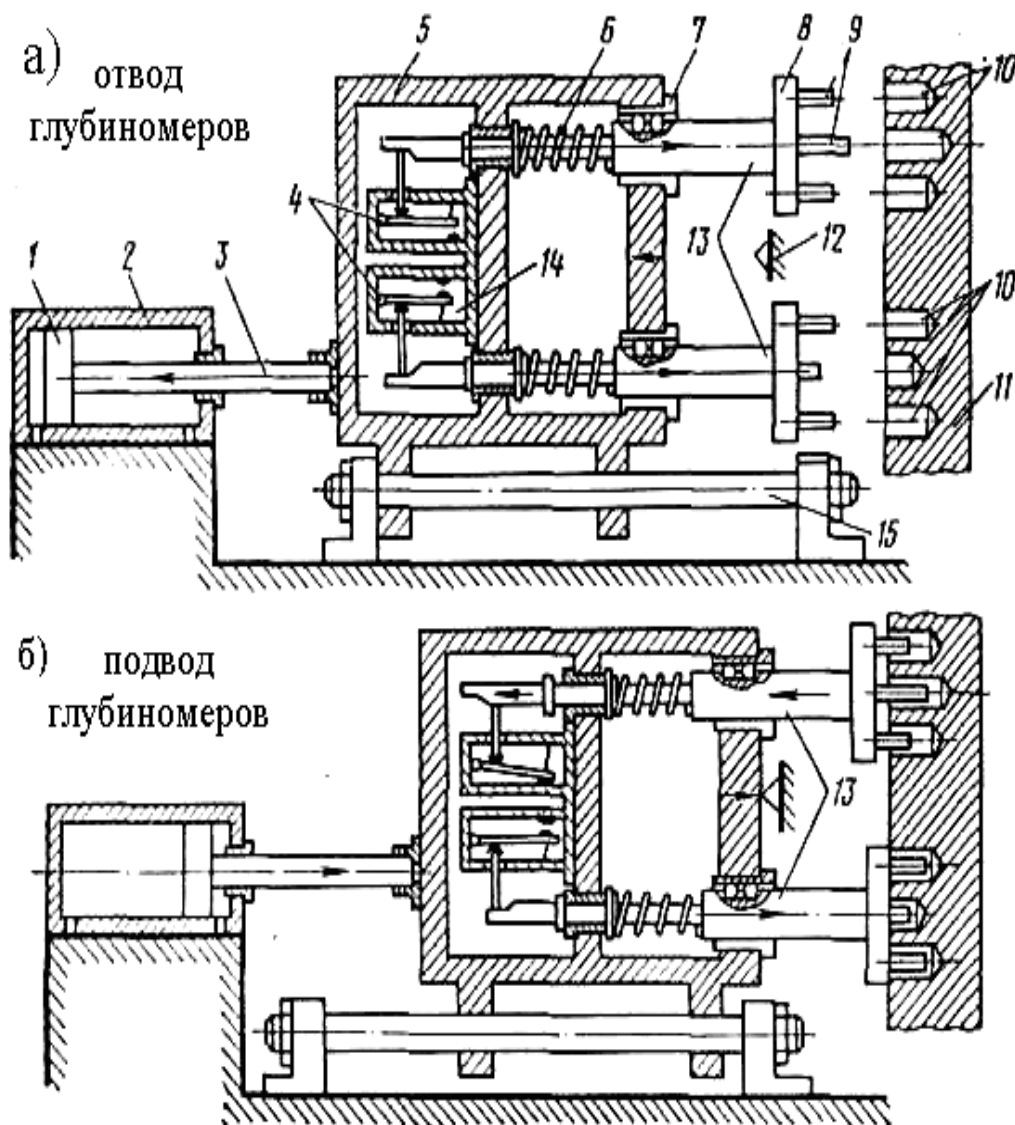


Рис 8.12. Контрольное приспособление для проверки глубины просверленных отверстий в корпусных деталях:

а-исходное положение контрольного приспособления; б-положение приспособления при проверке наличия и глубины просверленных отверстий

При сверлении одновременно большого количества глухих

отверстий с последующим нарезанием резьбы в корпусных деталях на многошпиндельных агрегатных станках автоматической линии возникает необходимость в автоматизации контроля отверстий и полной их длины для предотвращения поломки метчиков.

Работа контрольного приспособления осуществляется следующим образом. Корпусная деталь 11 после сверления автоматически подается на контрольную позицию, где в контролируемые отверстия 10 детали вводятся от гидроцилиндра 2 штифты 9 для проверки наличия и глубины просверленных отверстий. При этом длина каждого штифта соответствует заданной глубине просверленного отверстия. Головки 8 с закрепленными в них штифтами установлены на штоках 13, смонтированных в корпусе 5. Скосы на левых концах штоков соприкасаются со стержнями двух конечных выключателей 4, установленных в корпусе, который связан со штоком 3 гидроцилиндра. Для контроля наличия и глубины отверстия поршень 1 со связанным с ним штоком гидроцилиндра совместно с головками перемещаются вправо по направляющим штангам 15 до соприкосновения правого торца корпуса с упором 12. При этом штифты входят в отверстия, чем обеспечивается проверка наличия и заданной глубины сверления. Если глубина просверленных отверстий соответствует заданным значениям, то штоки, перемещающиеся во втулках 7 за счет силы упругости пружин 6, займут крайнее правое положение. При этом стержни конечных выключателей будут касаться скосов на левых концах штоков и контакты 14 разомкнутся.

Устройства «пассивного» контроля. Наибольшая эффективность, высокое качество и объективность пассивного контроля могут быть достигнуты за счет применения многомерных механизированных контрольных приспособлений светосигнального типа и контрольно-сортировочных автоматов.

Особенность устройства и работы многомерных механизированных контрольных приспособлений светосигнального типа заключается в одновременной проверке нескольких размеров детали с одной установки. Ощупывание деталей (контроль размеров) производится электроконтактными датчиками (головками), которые включаются в цепь светосигнальных ламп.

Загорание лампы свидетельствует о выходе контролируемого размера изделия за поле допуска.

На практике приходится иметь дело с контролем множества размеров (на одной детали), поэтому визуальная фиксация световых

сигналов для контролера представляется дополнительной операцией. В этом случае устанавливается еще один дополнительный световой сигнал, оценивающий одновременную годность всех размеров детали, и время на операцию контроля резко сокращается.

Применение контрольно – сортировочных автоматов позволяет полностью автоматизировать операции «пассивного» контроля.

Потребность в контрольно - сортировочных автоматах возникает в двух случаях:

при сортировке деталей на размерные группы для селективной сборки (обеспечение оптимальных зазоров или натягов);

при сортировке размеров на годные и бракованные, т. е. всего на две-три группы.

Такие автоматы можно назвать браковочными, они конструктивно более просты, чем автоматы для многодиапазонной сортировки, и являются более перспективными.

Рассмотрим схему устройства контрольно-сортировочного автомата (см.рис.8.13, а).

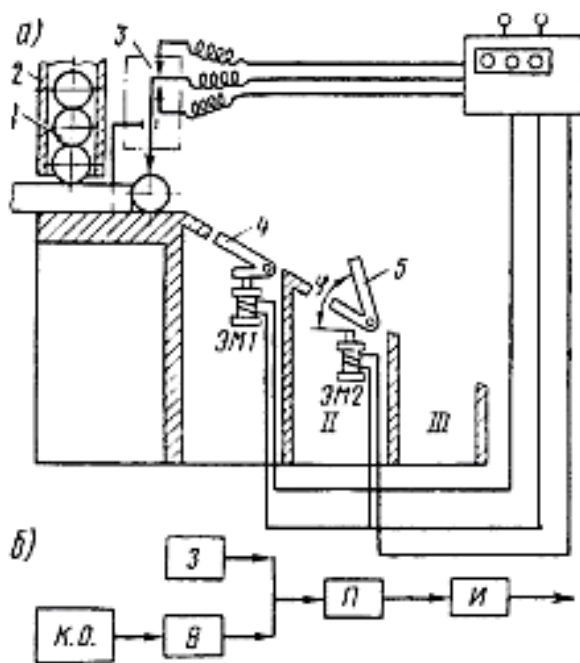


Рис.8.13. Контрольно-сортировочный автомат:
а-структурная; б - элементная блок-схема

Деталь 1, подлежащая контролю, периодически подается из загрузочного устройства 2 на измерительную позицию, где

ощупывается измерительным стержнем электроконтактного датчика 3. При разомкнутых контактах датчика по обмоткам катушек электромагнитов ЭМ1 и ЭМ2 протекает ток незначительной величины, обеспечивающий удержание поворотных заслонок 4 и 5 в закрытом положении. В этом случае детали по наклонной плоскости скатываются и попадают в приемник III для годных деталей. Замыкание нижнего контакта датчика приводит к обесточиванию электромагнита ЭМ1, вследствие чего заслонка 4 отпадает и преграждает путь детали 1, направляя ее в приемник I (неисправимый брак).

Замыкание верхнего контакта датчика соответственно обесточивает катушку электромагнита ЭМ2. Заслонка 5 подает детали в приемник II исправимого брака. После этого заслонки возвращаются в исходное положение.

Контролируемым объектом КО (см.рис.8.13,б) контрольно-сортiroвочного автомата служит деталь 1. Воспринимающим элементом схемы автомата В является измерительный стержень (наконечник) датчика, задающим элементом 3 - пара неподвижных контактов датчика, которые задают постоянное поле допуска на изготовление детали. Таким образом, верхний контакт замыкается в случае прохождения через измерительную позицию детали с завышенным размером, нижний контакт соответственно с заниженным размером. Промежуточным элементом П является электронное реле. Исполнительный элемент И автомата представляет собой совокупность двух электромагнитов и удерживаемых ими двух заслонок.

8.4. Механизированные и автоматизированные устройства для контроля при ремонте подвижного состава

Автоматизация измерения колесных пар. Колесная пара является одной из ответственных частей локомотива и вагона. От ее состояния зависит надежность работы подвижного состава и безопасность движения поездов. Объективность оценки измеряемых параметров колесных пар и их элементов может обеспечить только автоматизация измерения.

Стационарная автоматическая установка для измерения колесных пар предназначена для измерения диаметров кругов катания колес, проката, ширины ободов, расстояния между внутренними гранями, толщины гребней, диаметров подступичных частей оси, диаметров шеек и

буртиков, длины шеек и ширины буртиков. В установке осуществляется также автоматическая запись всех проверяемых размеров на бумажном бланке.

Совершенным устройством автоматического контроля колесных пар является установка (см.рис.8.14.), разработанная ЛИИЖТом под руководством кандидат технических наук И. М. Золотникова.

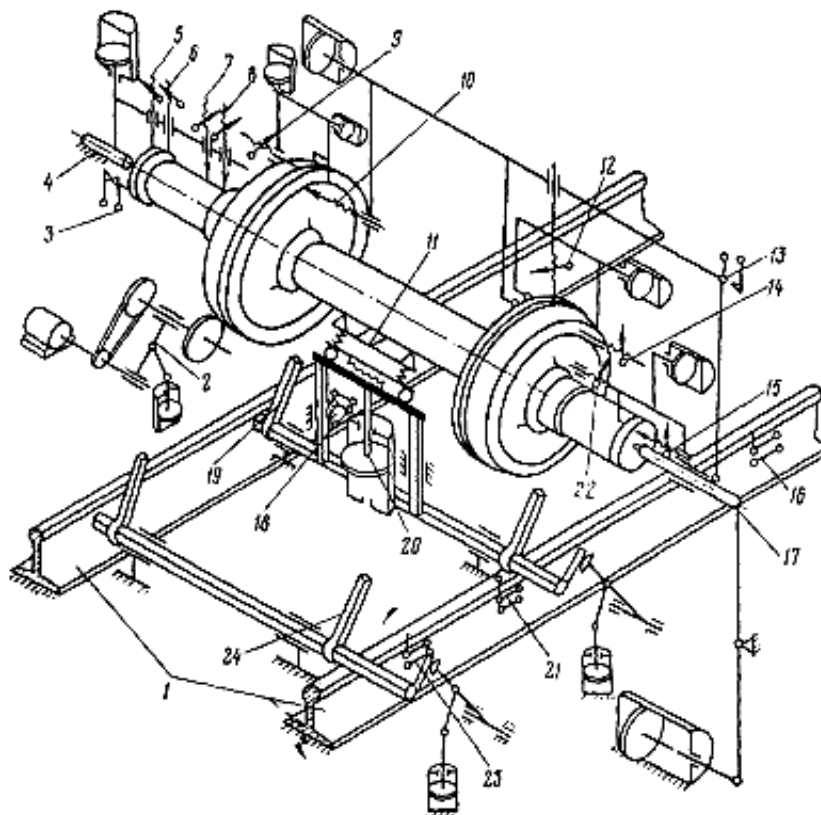


Рис.8.14. Схема стационарной автоматической установки для измерения колесных пар

Работа измерительного устройства происходит следующим образом. Колесная пара по наклонному рельсу 1 под действием собственного веса закатывается в установку. На своем пути она замыкает концевой выключатель 23, при этом срабатывает соответствующий электромагнит воздухораспределителя. Последний и впускает воздух в рабочие цилиндры механизмов останова 19 и отсечки 24.

В результате поднимаются упоры, останавливающие колесную пару над подъемником, и упоры отсечки, не пропускающие колесную пару, идущую следом за измеряемой.

У останова колесная пара замыкает концевой выключатель 21, подающий команду подъемнику 20 для подъема ее до уровня центров. В конце своего хода подъемник замыкает очередной концевой

выключатель 18, который дает команду подвижному центру 17. Последний, перемещаясь справа налево, передвигает колесную пару на салазках 11 к неподвижному центру 4 и закрепляет ее. При этом колесная пара торцом оси замыкает концевой выключатель 3, который дает команду пневматическим приводам на перемещение базовых упоров до соприкосновения с базовыми поверхностями колесной пары. Эти упоры замыкают соответствующие концевые выключатели (например, 13), дающие команду для перемещения датчиков (измерительных головок) 5, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 22.

Когда все измерительные головки пройдут строго определенное расстояние, они замкнут свои концевые выключатели, дающие сигнал для возвращения в исходное положение. После этого все указанные механизмы срабатывают в обратном порядке.

Датчики, применяемые в этом устройстве, предназначены для преобразования линейного перемещения измерительного стержня при измерительном движении в электрические импульсы. Принцип работы датчика с движителем и базового упора показан на рис.8.14.

До введения в контакт измерительного стержня 2 с измеряемой поверхностью 1 пневматический цилиндр 18 прижимает базовый упор 17 к базовой поверхности и ставит датчик в позицию измерения. Затем специальный движитель 19 перемещает его в направлении измеряемого элемента. При измерении, т. е. при перемещении датчика по отношению к измеряемой поверхности, стержень 2 упирается в эту поверхность и останавливается, а так как головка продолжает перемещаться движителем до упора 16, то трубка 3 с помощью шестерен 4 и 5 и зубчатой рейки 15 на измерительном стержне заставляет вращаться диск 6. Диск на периферии имеет 100 прорезей, которые модулируют световой поток от источника света, проходящий перпендикулярно плоскости диска. Луч света от лампы 14 через линзу 13 фокусирует на прорези диска и через щель попадает на фотодиод 12.

Так как число оборотов диска линейно связано с движением измерительного стержня, то и число импульсов света, поступающих на фотодиод, пропорционально перемещению стержня. Один оборот диска соответствует перемещению измерительного стержня на 10 мм, т. е. 1 импульс = 0,01 мм. С помощью пружины 9 и шестерен 7, 5, 10, 11 происходит выбор люфтов в механизме и возвращение измерительного стержня в исходное положение при обратном движении головки.

В устройстве используется так называемый накопительный

преобразователь, в котором импульсы света с помощью фотодиода и резистора преобразуются в импульсы напряжения, поступающие на вход счетной ячейки регистрирующего устройства. Регистрирующее устройство предназначено для счета отдельных электрических импульсов, фиксации их на специальном табло и бумажной ленте.

После первой печати всех размеров на бумажной ленте, печатающее устройство через концевой выключатель дает сигнал механизмам измерительного устройства. Последние отводят датчики, которые через соответствующие концевые выключатели и пневмоприводы отводят базовые упоры и включают механизм поворота 2 (см. рис.8.14.) колесной пары.

Этот механизм с помощью ролика поворачивает пару на $\frac{1}{3}$ длины окружности; концевой выключатель замыкается и дает команду для повторного подхода базовых упоров, измерения и печатания всех размеров, что повторяется три раза. После трехкратного измерения и печатания размеров ролик механизма поворота 2 отводится от колеса, при этом замыкается концевой выключатель, дающий команду, для механизма подвижного центра.

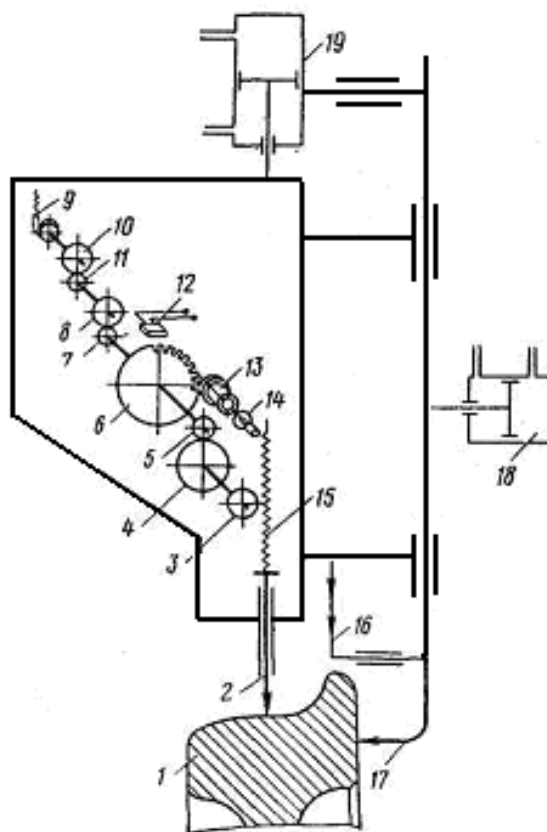


Рис.8.15. Схема измерительной головки

Подвижной центр, переместившись в исходное положение,

освобождает колесную пару, которая ложится на подъемник, опускающий ее вниз; одновременно опускаются упоры останова. Колесная пара, встав на наклонные рельсы, скатывается и замыкает концевой выключатель 16 (см.рис.8.15.), который дает команду механизму отсечки, упоры опускаются и пропускают для измерения следующую колесную пару. Весь цикл измерения повторяется сначала.

Механизированный контроль крупногабаритных деталей и узлов. Механизация замеров и контроля крупногабаритных деталей и узлов оптико-механическим способом основана на сочетании принципов коллимации, визирования и шагового измерения при неизменном расположении контролируемого объекта во время проведения измерения.

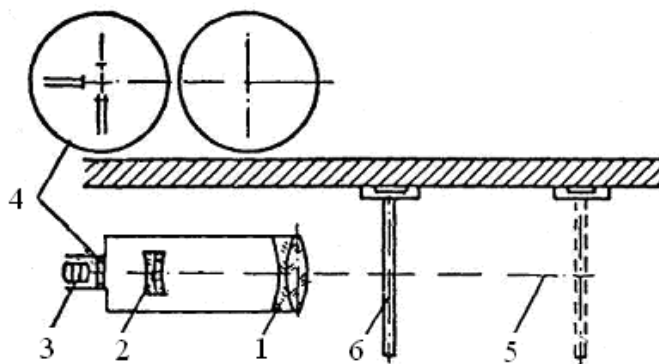


Рис. 8.16. Схема визирования

При визировании плоскости (см.рис.8.16.) пользуются зрительной трубой, оптическую ось 5 которой совмещают с заданным направлением в пространстве при наблюдении глазом штрихов на масштабных линейках или измерительных марках 6, расположенных на разном расстоянии от объектива зрительной трубы. Основой зрительной трубы является телескопическая система линз, в которую входят объектив 1, окуляр 3 и сетка 4. Между объективом и окуляром перемещается фокусирующая линза 2, служащая для получения резкого изображения штрихов масштабных линеек 6 или измерительных марок. По несовпадению штрихов сетки 4 с штрихами масштабных линеек или измерительных марок определяют не плоскостность проверяемой поверхности.

При методе коллимации (см.рис.8.17.) оптическую ось зрительной трубы 1 совмещают с оптической осью вспомогательного прибора-

коллиматора 6. Коллиматором называется оптическая

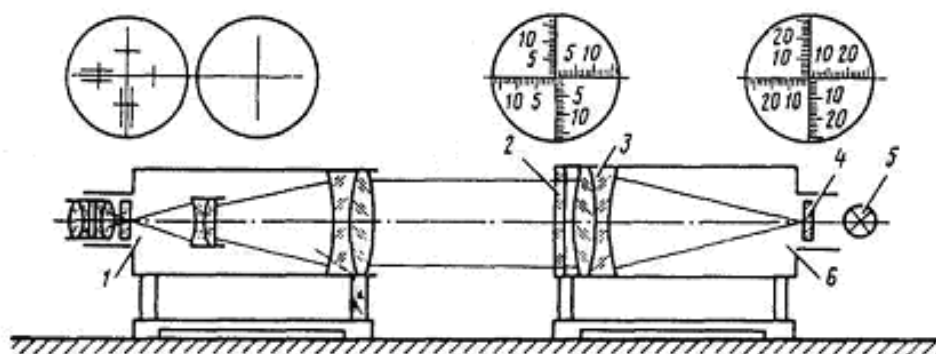


Рис.8.17. Схема проверки методом коллимации

система, дающая параллельный пучок лучей, в центре которого проецируется перекрестие. В основу коллиматора заложена телескопическая система линз, состоящая из объектива 3 и угловой сетки 4 с делениями в Г, или 0,3 мм на 1 м. Когда требуется получить одновременное измерение линейного и углового смещения оптической оси коллиматора относительно оптической оси зрительной трубы, перед объективом коллиматора устанавливается специальная измерительная марка 2 со шкалой делений в 0,5 мм, нанесенной на тонкой стеклянной пластинке. Центры перекрестий шкал сетки и марки совмещают с оптической осью коллиматора. Шкалы подсвечиваются лампой 5.

Коллиматоры, изготовленные с использованием оптической системы серийного нивелира НТ, дают погрешность не более 4,5 или 0,023 мм, на длине 1 м.

Рассмотрим в качестве примера измерение оптико-механическим методом блоков, рам и коленчатых валов дизелей.

Проверка блока цилиндров дизеля типа Д100 и рамы дизеля Д50. Для проверки блок устанавливают на две балки, смонтированные на плите (см.рис.8.18.), на другом конце этой плиты — колонна со спаренной оптической системой, состоящая из двух самостоятельных оптических приборов: зрительной трубы 8 и автоколлиматора 7. Систему можно передвигать по колонне вверх и вниз, вдоль и поперек и поворачивать в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

На плите, у основания колонны, установлено накладное зеркало 9, отражающая плоскость которого должна быть перпендикулярна лучам света, выходящим из автоколлиматора через оптическую насадку 6 вниз

под прямым углом. При измерении параллельности осей постелей обоих коленчатых валов в первую и одиннадцатую постели закрепляют визирные марки 1. Перекрестия каждой марки двумя микровинтами с лимбами устанавливают на одинаковом расстоянии от их опор, что соответствует радиусу данной постели. Затем совмещают перекрестия зрительной трубы с перекрестием визирных марок 1 верхних опор блока, т. е. добиваются совпадения оптической оси трубы с осью постелей верхнего коленчатого вала. Найденное положение оптической системы отмечают через автоколлиматор по неподвижному зеркалу 9. Передвинув систему в нижнее положение, совмещают перекрестие зрительной трубы и нижних визирных марок 1 и берут отсчет по зеркалу 9. Разность двух отсчетов и является величиной непараллельности осей постелей верхнего и нижнего коленчатых валов, выраженной в секундах.

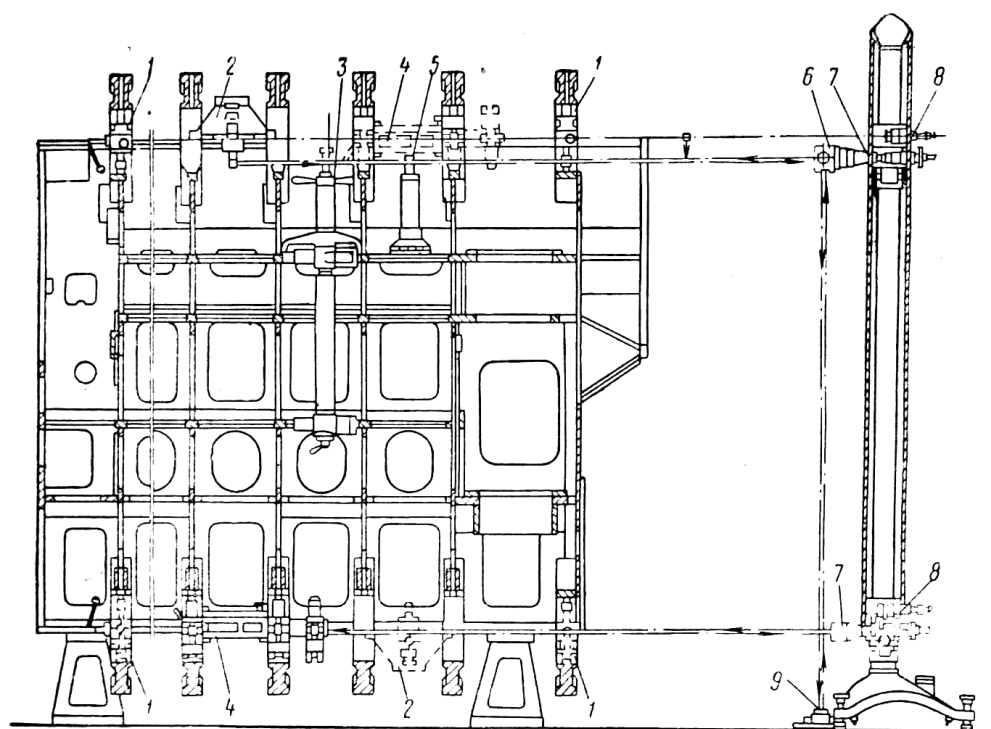


Рис. 8.18. Схема оптической проверки блока дизеля типа Д100

Перпендикулярность оси расточек под цилиндрические гильзы и вертикальную передачу к оси постелей верхнего коленчатого вала проверяют при помощи спаренной оптической системы и вертикального мостика 3. Обе отражающие плоскости зеркала, укрепленного на конце мостика, строго параллельны.

Отвизированную ось постелей коленчатого вала принимают за базу и от нее измеряют величину отклонения оси цилиндра от прямого угла. Контролем положения вертикального мостика является взаиморасположение вертикальных ветвей отраженного и окулярного перекрестий в окуляре автоколлиматоров 7. Отсчеты величины неперпендикулярности проверяемого отверстия определяют по вертикальному лимбу автоколлиматора. Деление на этом лимбе соответствует углу между оптической осью автоколлиматора и отражающей поверхности зеркала. Алгебраическая полусумма двух отсчетов одного и того же отверстия при двух положениях вертикального мостика через 180° и есть величина неперпендикулярности оси отверстия к оси постелей вала в секундах.

Параллельность привалочных плоскостей цилиндрических гильз или верхней привалочной плоскости блока к оси постелей коленчатого вала проверяют тем же путем. В первом случае применяют зеркальную марку 5, а во втором - зеркальный мостик 2.

Ступенчатость постелей коленчатого вала в вертикальной и горизонтальной плоскостях измеряют шаговым мостиком 4. Для измерения ступенчатости мостик устанавливают в первую наиболее близкую к автоколлиматору пару постелей вала, а автоколлиматор выставляют так, чтобы отраженное от зеркала перекрестие совпало с его окулярным перекрестием при нулевых положениях обоих лимбов окулярного микрометра автоколлиматора. При дальнейших установках мостика на каждую последующую пару постелей вала, автоколлиматор остается неподвижным, а совмещение отраженного и окулярного перекрестий производят только лимбами окулярного микрометра, по делениям которых определяют угловую величину взаимного отклонения контролируемых величин. Мостик переставляют 11 раз. Полученные два ряда цифр (в секундах) пересчитывают в линейные величины. График, составленный по этим величинам, характеризует состояние постелей блока.

При проверке прямолинейности привалочной плоскости блока и параллельности ее с осью постелей коленчатого вала рамы дизеля Д50, оптическую ось зрительной трубы совмещают с центрами перекрестий визирных марок, установленных и закрепленных в постелях первой и седьмой коренных шеек коленчатого вала. Принцип и технология проверки те же, что и для блока дизеля типа Д100.

Проверка коленчатого вала. Несоосность коренных шеек

проверяют методом автоколлимации с помощью зеркального мостика 2 (см.рис.8.19.), имеющего две базовые и две поддерживающие опоры. На торце мостика укреплено металлическое зеркало, отражающая поверхность которого перпендикулярна плоскости, проходящей через базовые валики. Соосность коренных шеек во избежание погрешности из-за гибкости вала, измеряют по боковым образующим в двух положениях.

Автоколлиматор 1 и коленчатый вал дизеля типа Д100, уложенный в кронштейны 3, смонтированы на плите, а зеркальный мостик устанавливают на первую близлежащую пару коренных шеек так, чтобы его зеркало было обращено к объективу автоколлиматора. Прижав боковые валики мостика к образующим коренных шеек, уточняют установку автоколлиматора, добиваясь совпадения отраженного от зеркала мостика перекрестия с перекрестием окулярного микрометра при установке его лимба на нулевой индекс.

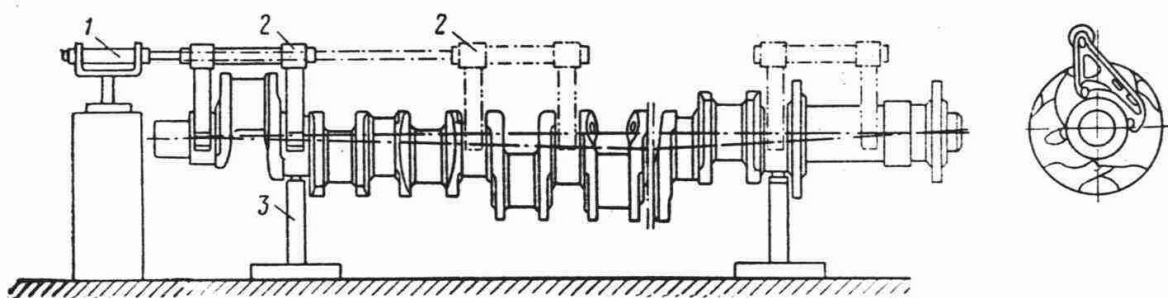


Рис. 8.19. Схема измерения соосности коренных шеек коленчатого вала дизеля типа Д100

При дальнейших перестановках зеркального мостика автоколлиматор не сдвигают, а совпадения окулярного и отраженного перекрестия добиваются вращением лимба окулярного микрометра. После перестановки зеркального мостика на все шейки при первом положении коленчатый вал поворачивают на 90° (второе положение) и процесс измерения повторяют.

Показания лимба, полученные при каждой установке зеркального мостика, пересчитывают в линейные величины, по которым строят графики, характеризующие кривизну коленчатого вала и ступенчатость его коренных шеек в двух плоскостях.

Механизация процессов измерения, применяемая при изготовлении и восстановлении прецизионных пар. Наиболее широкое распространение в промышленности и на транспорте при замерах прецизионных деталей получили рычажно-механические и рычажно-оптические универсальные приборы. Отличительной чертой этих

приборов является надежность в работе, универсальность применения и высокая точность измерения, соответствующая высоким требованиям, предъявляемым к прецизионным деталям.

Принцип действия рычажно-механических приборов основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует незначительные перемещения измерительного стержня в увеличенные перемещения стрелки по шкале, удобные для отсчета. Так, наружные диаметры плунжера и иглы замеряют при помощи миниметров с ценой деления 0,001 мм; рычажных скоб (пассаметров) с ценой деления 0,002 мм или микрокаторов. Действие последних основано на использовании упругих свойств плоской скрученной пружины. Пружинные микрокаторы изготавливаются с ценой деления 0,0005 и 0,001 мм.

Для измерения корсетности, бочкообразности, гранённости, конусности и овальности наружных диаметров иглы и плунжера применяют более точные рычажно-оптические приборы - оптиметры и оптикаторы. В основу действия оптиметра (см.рис.8.20.) положены законы отражения и преломления света.

Свет от постороннего источника, направленный шарнирно-закрепленным зеркалом 4 и отраженный гранью стеклянной пластинки 3, падает на шкалу оптического стекла 2. Отраженный от шкалы луч направляется через трехгранную призму 5 в объектив 6 и затем, отражаясь от зеркала 7, попадает в окуляр 1, где получается изображение отраженной шкалы 9 и указателя 10 в виде стрелки. Так как зеркало 7 связано с измерительным штифтом 5, то незначительное перемещение последнего вызывает небольшой поворот зеркала 7, отчего происходит сдвиг изображения отраженной шкалы относительно неподвижного указателя. Это смещение, наблюдаемое в окуляр, и оно дает возможность производить отсчет.

Измерение угла конуса иглы производят компаратором горизонтальным 50-кратного увеличения. Биение отверстия корпуса распылителя и гильзы плунжера проверяют специальными приспособлениями при помощи индикаторов, а диаметры этих отверстий измеряют с помощью пневматического длинномера.

Действие длинномера основано на зависимости между размером отверстия (или зазора между калибром и отверстием проверяемой детали) и расходом воздуха, выходящего под давлением из отверстия (или зазора). Схема действия длинномера дана на рис.8.21. В конусной трубке 3 помещен алюминиевый поплавок 2, поддерживаемый во взвешенном состоянии струей проходящего

через трубку воздуха. При большом зазоре между калибром 6 и гильзой плунжера 5 увеличивается расход воздуха — поплавков поднимается и, наоборот, при меньшем зазоре поплавков опускается.

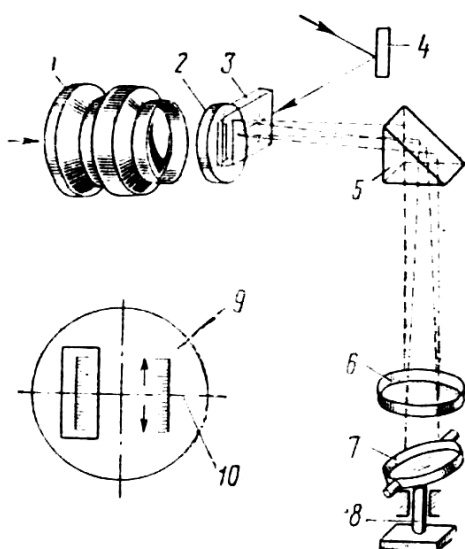


Рис.8.20. Схема оптиметра

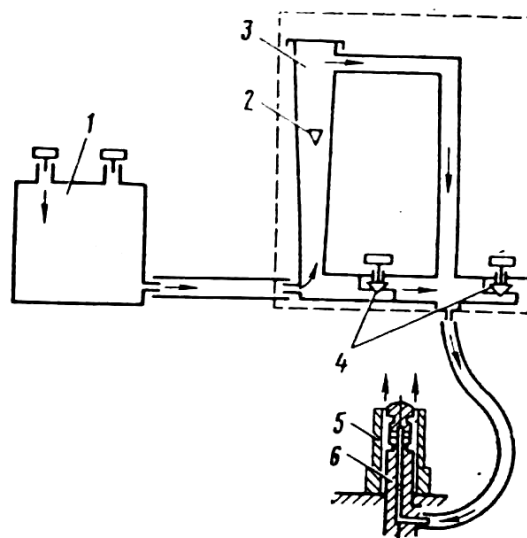


Рис. 8.21. Схема действия длинномер

Каждому зазору, т. е. каждому размеру гильзы, соответствует свой расход воздуха и свое положение поплавка в конусной трубке, что позволяет определить фактический размер отверстия гильзы плунжера или другой детали. Изменение положения поплавка и установку его в пределах шкалы регулируют давлением воздуха при помощи редуктора второй ступени 1 и кранов 4.

Стенд, изображенный на рис.8.22., позволяет вести замеры

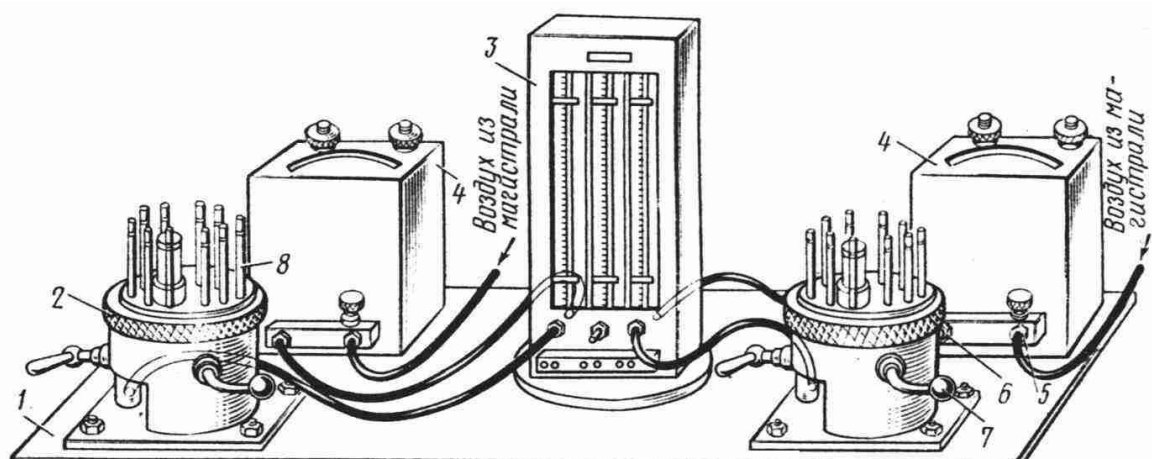


Рис.8.22.Стенд для измерения отверстий корпуса распылителя и гильзы плунжера

внутреннего диаметра гильзы плунжера или корпуса распылителя в интервале через каждые 0,02 мм, а также контролировать конусность, эллиптичность и бочкообразность. Пользуясь этими замерами, можно сортировать детали по внутреннему диаметру через 0,002 мм. Стенд состоит: из двух приборов 2 с десятью измерительными калибрами 5 в каждом, трехтрубного пневматического длинномер 3 типа ДП и воздухопровода. Слева и справа длинномер 3 установлены редукторы давлений 4, соединенные соответственно со шкалами длинномер 3. Входные штуцеры 5 редукторов давлений связаны с местной воздушной сетью. Выходные штуцеры 6 редукторов давлений соединены с входными штуцерами длинномер 3 при помощи резиновых трубок, а выходные штуцеры длинномер 3 со штуцерами приборов 2. Разность размеров смежных измерительных калибров равна 0,02 мм.

Настройку длинномер 3 осуществляют следующим образом. На измерительный калибр 8 надевают эталон гильзы нижнего предела. Поплавок при этом должен находиться в нижней половине конусной трубки. К установившемуся положению поплавок подводят указатель нижнего предела. Затем на измерительный калибр 8 надевают эталон гильзы верхнего предела и к поплавку, установившемуся в верхнем положении, подводят указатель верхнего предела. При определении конусности отверстия гильзу или корпус распылителя поднимают диском приспособления при помощи крана 7 и замеряют в трех поясах (верхнем, среднем и нижнем).

Овальность отверстия проверяют поворотом гильзы или корпуса на калибре. Стенд может быть использован для замера других аналогичных деталей, для чего необходимо заменить в приборах 2 калибры 8.

Механизация контроля коленчатого вала в процессе выявления усталостных трещин. При дефектоскопии коленчатого вала дизеля контролер вынужден выполнять тяжелую работу, связанную с поворотом вала и подъемом дефектоскопа, нанесение магнитной суспензии на проверяемую поверхность вала выполняется вручную.

Указанные операции полностью механизированы на установке (см.рис.8.23.). Коленчатый вал укладывают краном для проверки на три обрезиненные роликовые опоры 6, прикрепленные к раме 7.

Вращение коленчатого вала в процессе выявления усталостных трещин осуществляется от электродвигателя 1 через червячный

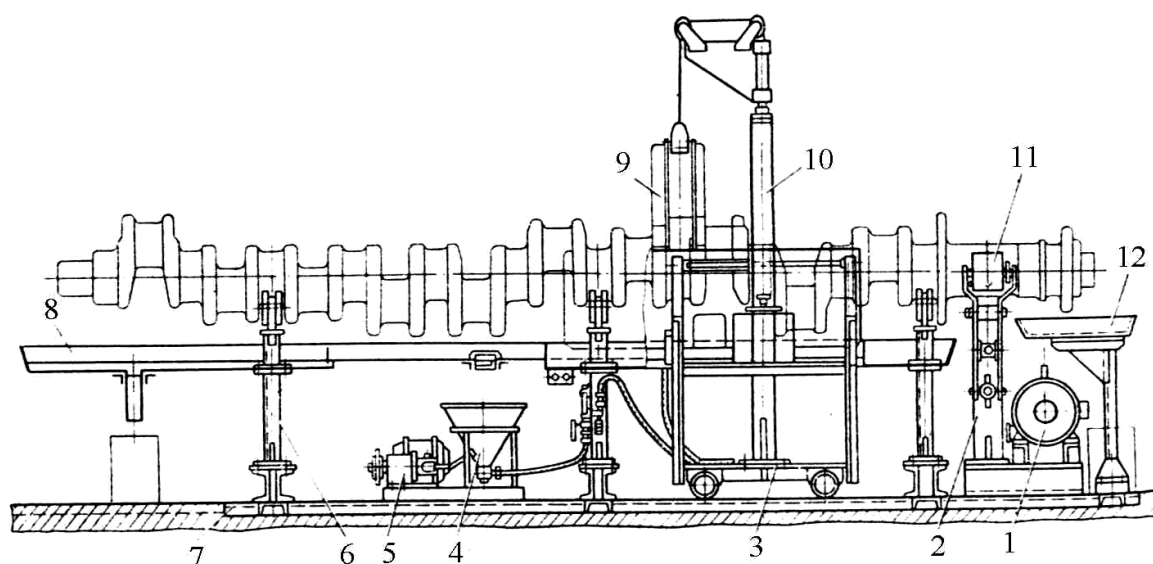


Рис.8.23. Установка для контроля коленчатых валов

редуктор, цепную передачу и звездочки, смонтированные на одной оси с обрезиненными роликами 11. Ролики смонтированы на приводной стойке 2 и прижимаются к шейке вала пружинами.

Магнитный дефектоскоп 9 подвешен через блоки к стойке 10, укрепленной на тележке 3. Тележка перемещается по рельсам вдоль всей установки и на ней установлены ультразвуковой дефектоскоп, регулятор напряжения и кнопочная станция.

Магнитная суспензия поступает на проверяемую поверхность из бака 4 с помощью насосной установки 5 (насос БНК-12) по шлангам к пистолету-лейке. К баку подведен воздух для перемешивания суспензии. Излишки магнитной суспензии собираются в лотках 8 и 12, укрепленных к опорам и подставкам вдоль установки. После намагничивания и контроля каждую шейку размагничивают плавным снижением напряжения в дефектоскопе. Расположение кнопочной станции на передвигаемой тележке позволяет контролеру - дефектоскописту свободно управлять приборами.

Глава 9

Механизация и автоматизация окраски и сушки машин

9.1. Общие сведения

Последней, весьма трудоемкой технологической операцией, тесно связанной с общей сборкой, является внешняя отделка машины и ее

окраска. Окраска применяется для предохранения изделий от коррозии и придания им декоративного вида. Процесс окраски состоит из: подготовки поверхностей деталей для окраски, грунтовки, шпаклевки, сушки шпаклевки, шлифования шпаклеванных поверхностей и окраски.

Окраска нередко производится в несколько слоев, в зависимости от условий, в каких будет эксплуатироваться машина. Как и при выполнении сборочных операций, наибольшей производительности при отделке машин достигают комплексной механизацией и автоматизацией всех операций окраски.

9.2. Подготовка поверхностей под окраску

Для получения прочных и плотных лакокрасочных пленок, способных защитить металл от коррозии, а также для сохранения отделки на длительное время поверхности деталей машин тщательно очищаются. Перед грунтовкой с поверхностей деталей удаляется: ржавчина, окалина, старая краска, масло.

Подготовка поверхности производится тремя методами:

- 1) механическими;
- 2) химическими;
- 3) термическими.

Все эти методы в современном производстве должны быть механизированы и автоматизированы.

1. Для механической очистки поверхностей применяются металлические щетки, электрические и пневматические шлифовальные машинки. Литые детали обычно подвергаются барабанной или дробеметной обработке (очистке) в обрубных отделениях литейных цехов. Поверхности крупных деталей подвергаются гидроочистке. Неровности отливок обрабатываются пневматическими зубилами, зачищаются на стационарных или подвесных маятниковых зачистных станках.

Примером механизации операции зачистки может служить электромеханическая щетка, состоящая из электродвигателя, гибкого вала, передающего движение металлической щетке через редуктор. При необходимости щетка легко может быть перемещена по полу цеха на тележках. Электродвигатель на тележке легко может поворачиваться относительно вертикальной оси на 360°, что придает щетке большую маневренность (см.рис.9.1.).

Для очистки деталей крупных размеров применяют ручной

переносный дробеструйный аппарат с непрерывной циркуляцией дробы.

2. Химический метод очистки деталей (от ржавчины и окалины) под окраску применяется в массовом производстве - путем травления деталей в травильных ваннах с последующей мойкой в моечных машинах. Травление производится в водных растворах серной или соляной кислоты. После травления и мойки требуется нейтрализация следов кислоты щелочью.

3. Методы термической очистки основаны на воздействии пламени на обрабатываемую поверхность детали.

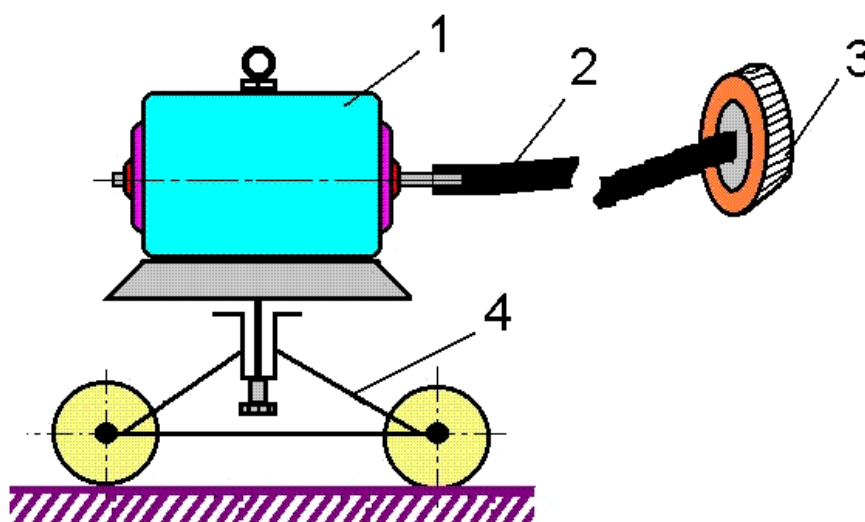


Рис.9.1. Электрохимическая передвижная щетка:

1-электродвигатель; 2-шланг; 3-щетка; 4-тележка

9.3. Грунтовка

После очистки деталей производится грунтовка поверхностей. Эта операция состоит в нанесении лакокрасочного покрытия непосредственно на поверхность детали.

После окончания подготовки поверхностей деталей под грунтовку при необходимости производится шпаклевка.

Шпаклевка придает поверхности изделия гладкую и обтекаемую форму и заключается в нанесении слоя специальной массы (состоящей из мела, олифы и столярного клея) на его поверхность. В настоящее время промышленность выпускает большую номенклатуру различных по назначению шпаклевочной массы. Ручная шпаклевка с применением шпателя - трудоемкая операция. Для повышения производительности труда применяется механизиро-

ванные шпатели, а также распылители шпаклевки типа РШ (см.рис.9.2.).

Шпатель 1 на торце имеет щель 2, через которую шпаклевка выходит на поверхность детали ровным слоем. Для удобства работы шпателя верхняя стенка выполняется длиннее нижней и отогнута кверху. Поступающая масса ровным слоем разглаживается шпателем по поверхности детали. Шпаклевка подается из бачка 5 под давлением воздуха 0,3...0,4 МПа от воздушного насоса 6 по шлангу 4 в шпатель. Регулировка шпаклевки осуществляется краном 3.

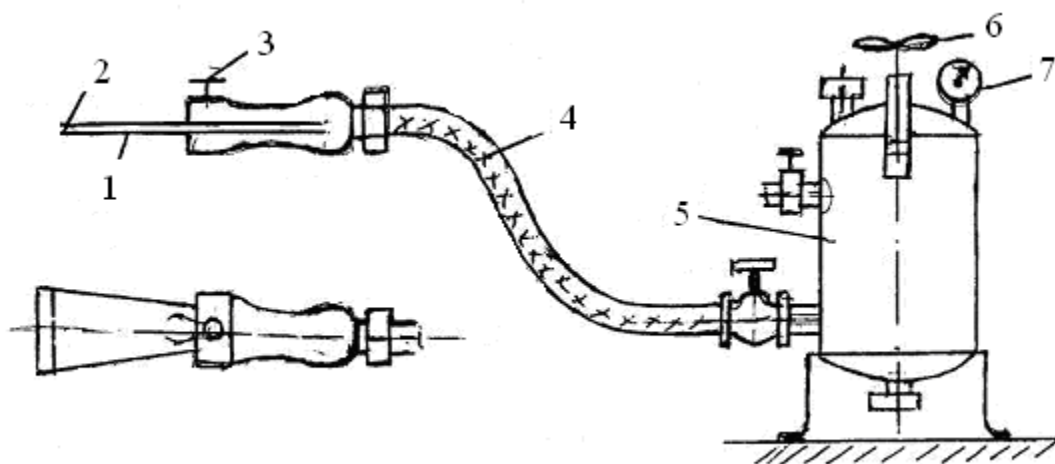


Рис.9.2. Механизированный шпатель конструкции С.А.Суслова:

1-шпатель; 2-щель; 3-кран, регулирующий подачу шпаклевки; 4-шланг; 5-бачок; 6-насос воздушный; 7-манометр

После просушки шпаклевки поверхности деталей зачищаются и шлифуются, чтобы сгладить неровности шпаклевки. Процесс зачистки механизмуется при помощи специальных и шлифовальных машинок (обычно с пневматическим приводом). Шлифование производится шкуркой, закрепленной на войлочном диске, вместо шкурки на некоторых заводах применяют куски пемзы, вставленной в резиновый круг, что позволяет повысить производительность труда. После подготовки поверхности детали окрашиваются.

9.4. Окраска деталей

Применяются несколько методов окраски деталей, узлов и машин:

1. Окраска кистью;
2. Окраска окунанием;
3. Окраска обливанием;
4. Окраска воздушным распылением;

5. Окраска бескомпрессорным распылением;
6. Окраска автоматическая в электростатическом поле.

Рассмотрим вкратце их:

1. Окраска кистью - малопроизводительный метод, поэтому в производстве широко применяются другие, более производительные методы, позволяющие механизировать процесс.

2. Окраска окунанием и окраска обливанием являются наиболее простыми методами.

Эти процессы обычно механизмируются и автоматизируются при помощи подъемников, транспортеров, конвейеров, окрасочных баков и сушильных баков.

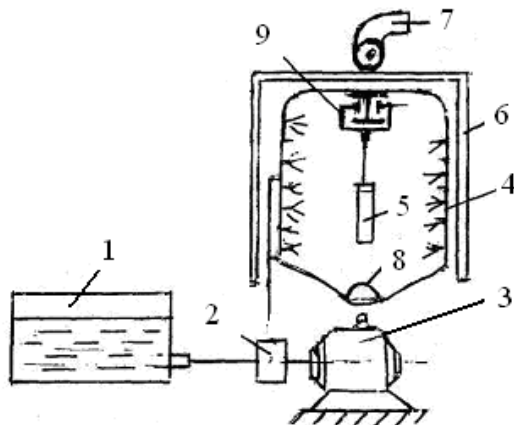


Рис.9.3. Схема агрегата для окраски деталей обливанием:

- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| 1-бак с краской; | 3- |
| 2-насос; | электродвигатель; |
| 4-труба с форсунками; | |
| 5-окрашиваемая деталь; | 6-кабина; |
| 7-вытяжной вентилятор; | |
| 8-желобок для стока краски; | |
| 9-подвесной конвейер | |

4. Окраска воздушным распылением является наиболее распространенным. Окраска воздушным распылением в 5-10 раз производительнее окраски кистью и дает хорошее качество покрытия, позволяя применять быстросохнущие материалы.

В машиностроении широко применяются высокопроизводительные распылители Кр-10, Кр-20, Кр-30, работающие при давлении воздуха 0,3-0,6 МПа. Производительность их достигает 60 м²/ч.

Воздушное распыление лакокрасочных материалов осуществляют краскораспылительными установками (см.рис.9.4.). Краскораспылительная установка работает следующим образом: сжатый воздух подается в масловодоотделитель 3 для очистки от воды и масла. Очищенный воздух по шлангу 2 поступает в краскораспылитель 1 и одновременно по шлангу 6 через регулятор давления в красконагнетательный бак 4. Под давлением (0,4 - 0,7 МПа) сжатого воздуха лакокрасочный материал вытесняется из бака 1 и по шлангу 5 подводится к краскораспылителю. В некоторых случаях (при значительном расходе лакокрасочных материалов)

краскораспылитель подсоединяют непосредственно к трубе центральной системы подачи грунтовок и эмалей через редуктор понижения давления.

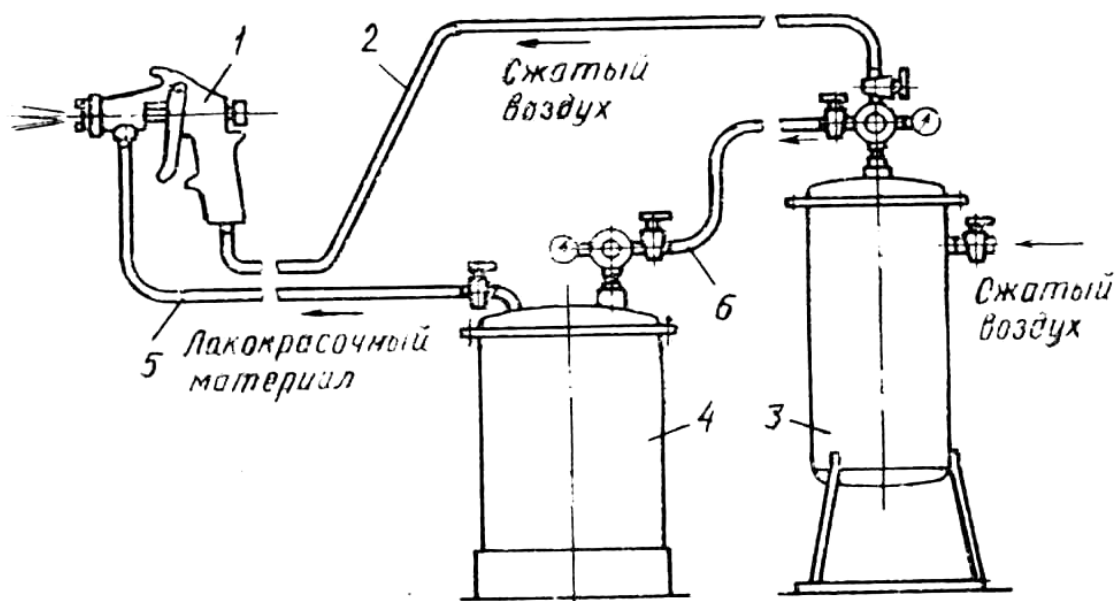


Рис.9.4. Краскораспылительная установка:

1 -краскораспылитель; 2- шланг; 3-маслоотделитель; 4- красконагнетательный бак; 5-шланг; 6-шланг

Крупным недостатком окраски с воздушным распылением является наличие в воздухе во взвешенном состоянии краски, не попавшей на изделие. Для создания безопасных условий работы необходимо производить отсос этой краски, что не всегда возможно при окраске крупных узлов.

Туман краски вредно отражается на здоровье маляров, а также работающих рядом слесарей сборщиков. Поэтому в таких случаях следует пользоваться бестуманными распылителями.

Туман краски в них устраняется воздушным потоком, который обволакивает факел краски и препятствует отражению краски от поверхности окрашивания. Кроме того, эти распылители работают при значительно пониженном давлении сжатого воздуха вместо 0,3 - 0,4 МПа при обычном распылении требуется давление 0,1 - 0,15 МПа, в связи, с чем сила удара краски о поверхность уменьшается.

Заслуживает внимания распылитель для окраски, выпускаемый одной из немецких фирм. Особенностью этого распылителя заключается в том, что по сравнению с обычными имеет рефлекторный обогреватель, производящий кольцевое облучение окрашиваемой поверхности инфракрасными лучами. Обогреватель

позволяет производить покрытие поверхностей подогретой краской и кроме того, обеспечивает хорошую и быструю сушку. Если обычно естественная сушка окрашенных изделий занимает много времени, то сушка с применением инфракрасных лучей значительно повышает качество покрытий и ускоряет процесс сушки в 5-6 раз. Кроме того, поток теплого воздуха создает вокруг распыляемой струи краски защитную зону. Эта защитная зона уменьшает туманообразование краски, которое имеет место при работе с обычными воздушными распылителями. Кроме того, уменьшается отталкивание частиц краски от окрашиваемой поверхности, снижается конденсация паров краски, что уменьшает ее потери. За последнее время за рубежом все большее распространение получает способ распыления горячей краски, подогретой до 50...80°C. Преимущество такого способа - сокращение числа слоев краски, что связано не только с ее экономией, но и со снижением трудоемкости процесса окраски. Трехслойная горячая окраска заменяет десятислойное покрытие краской в холодном состоянии. Окрашенная поверхность получается гладкой и без потеков.

4). «Эрлесс» - процесс

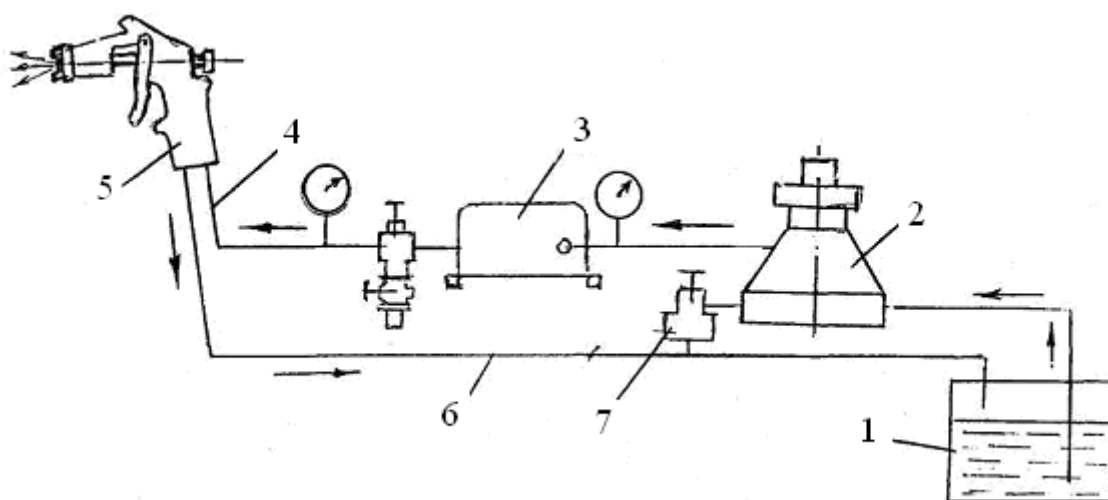


Рис.9.5. Схема установки "Эрлесс":

1 - бак с краской; 2 - насос; 3 - нагреватель; 4 - шланг; 5 - пистолет-распылитель; 6 - шланг; 7 - предохранительный клапан

Появился также новый метод распыления красок без сжатого воздуха, но с подогревом краски. Метод назван «Эрлесс» (безвоздушный), см.рис.9.5. По примеру США многие иностранные фирмы Франции, Англии, Италии, Японии, ФРГ, изготавливают необходимую для окраски этим методом.

Принципиальная особенность заключается в том, что краска распыляется в результате высокого гидравлического давления и высокой температуры. Эти два фактора и влияют на производительность и качество окраски. Краска из бака 1 насосом под давлением до 4,2 МПа нагнетается в систему. Пройдя нагреватель 3, краска по шлангу 4 подается к пистолету - распылителю 5.

Неиспользованная краска может циркулировать в системе по шлангам 4 и 6, проходя через предохранительный клапан 7. Синтетические краски подогреваются до температуры 90°C, нитрокраска до 70°C.

Метод «Эрлесс» имеет существенные преимущества перед окраской воздушным распылением:

- 1) экономия краски до 25 %, в связи с уменьшением потерь на туманообразование;
- 2) сокращение числа слоев краски;
- 3) меньшая потребность в вентиляции.

9.5. Автоматическая окраска в электростатическом поле

Наиболее совершенным методом является автоматическая окраска в электростатическом поле. Производственный опыт наших и зарубежных заводов показывает, что электроокраска экономична не только в массовом и серийном, но и в мелкосерийном производстве. Этот метод окрашивания дает возможность автоматизировать процесс окраски, сократить расход материалов на 70% и достичь высокой производительности (скорость окрасочного конвейера достигает до 60 м/мин). При этом затраты на вентиляцию и очистку камеры являются небольшими, а условия труда во много раз лучше, чем при обычной окраске. В электростатическом поле могут окрашиваться изделия разной конфигурации. Однако, надо учитывать, что те места изделий, к которым затруднен доступ силовых линий электрического поля, останутся не прокрашенными.

Эти места должны окрашиваться вручную или с помощью краскораспылителя. В некоторых случаях углубления могут прокрашиваться за счет приближения распылителей к деталям (на 150 мм вместо 250 мм) и понижения напряжения до 60 кВ (вместо 100 кВ, сила тока обычно 10 Ампер). Каждая установка представляет собой остекленную камеру высотой 3 м, под потолком которой установлен подвесной конвейер, имеющий скорость от 2 до 15 м/мин

и выше. Изделия подвешиваются к конвейеру на подвесках, причем небольшие изделия группируются по несколько штук на одной подвеске так, чтобы величина окрашиваемой площади была неизменной.

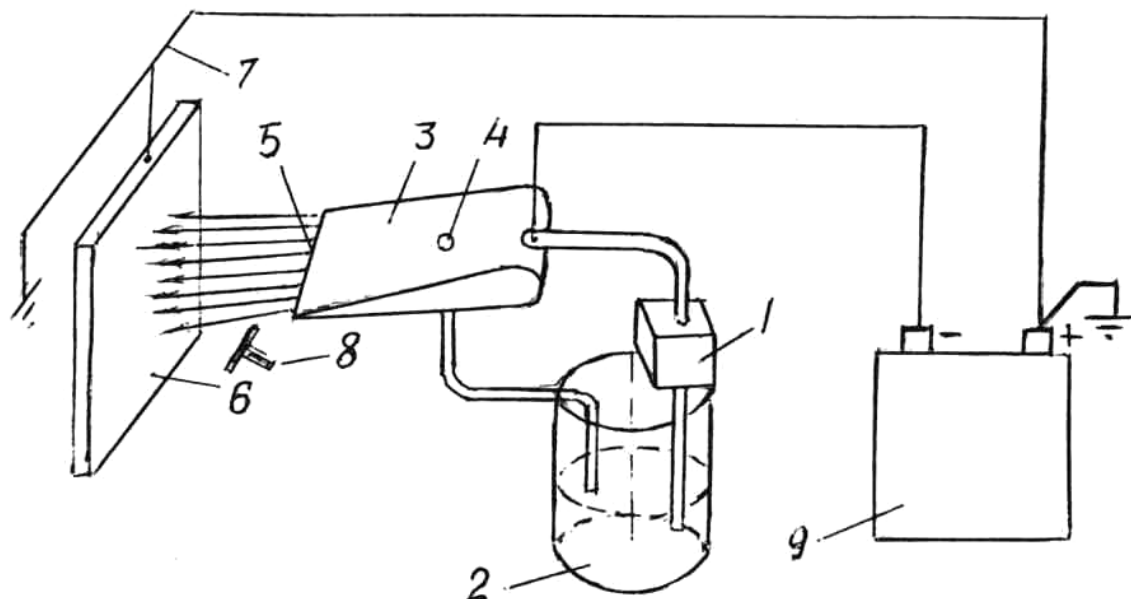


Рис.9.6. Схема установки для окрашивания изделий в электростатическом поле:

1 - насос; 2 - бак с краской; 3 - лоток; 4 - отверстие слива; 5 - кромка лотка; 6 - деталь окрашивания; 7 - конвейер; 8 - электрод; 9 - источник постоянного тока

Рассмотрим принцип действия вышеуказанной установки. Насос 1 подает краску из бака 2 на лоток 3. Краска направляется к кромке лотка 5, а избыток ее через отверстие 4 сливается обратно в бак. К лотку и окрашиваемой детали 6 подключается постоянный ток напряжением до 100 кВ. При этом положительный заряд источника тока 9 через конвейер 7 подается на изделие, а отрицательный - на лоток. В результате этого между кромкой лотка и изделием образуется электростатическое поле, под действием которого краска отделяется от кромки лотка и по линиям электрополя направляется на изделие.

Лотковые распылители отличаются простотой конструкции и высокой производительностью. Для окраски крупногабаритных изделий применяются несколько лотков, устанавливаемых в различных плоскостях, или предусматривается движение лотков в вертикальной плоскости.

Для придания потоку краски необходимого направления иногда

устанавливают специальный электрод 8.

Распылители располагаются на расстоянии 250...300 мм от окрашиваемых изделий. Они укрепляются с помощью шарнирного соединения на изолированных стойках для наивыгоднейшей их установки.

Защита от искрообразования в установках производится при помощи электронного предохранителя или фотоэлемента, регистрирующего приближение окрашиваемого изделия к электроду и отключающего электрическую систему в случае, когда изделие перекрывает луч света, проходящий вдоль конвейера на расстоянии, гарантирующем отсутствие искрообразования.

В некоторых зарубежных установках искропредупреждающие устройства отсутствуют, так как практикой установлено, что при хорошей вентиляции образующиеся искры опасности не представляют.

Эффективным способом окраски изделий является их обливание краской с последующей выдержкой изделия в парах растворителя.

При этом способе требуется наличие после камеры облива, туннеля с большой концентрацией паров растворителя. В этом туннеле происходит стекание излишней краски и равномерное ее распределение по окрашиваемой поверхности без подтеков и наплывов.

Расход растворителя при этом способе не превышает его расхода при окунании, а расход краски уменьшается на 25...35%. Покрытие получается равномерной толщины и мало пористое. Установка для окраски изделий по способу облива состоит из входного тамбура, в котором окрашиваемые изделия находятся 1...3 мин, камеры облива, где изделия выдерживают до 3 мин. и парового туннеля. Количество сопел в установке от 40...200 шт. Метод нанесения лакокрасочных материалов в подогретом состоянии дает значительную экономию растворителя и эмали.

9.6. Механизация сушки после окраски

Естественная сушка окрашенных изделий протекает медленно, и при окраске изделий в несколько слоев обычно заканчивается в 3...10 дней. Даже при окраске в один слой при нормальной температуре в цехе 15...20°C на сушку требуется не менее 20 часов.

Для ускорения процесса сушки окрашенных деталей в производстве применяют различные механизированные методы

искусственной сушки: это конвекционная и терморadiационная сушка, и сушка токами промышленной и высокой частоты.

1. При конвекционном способе сушка обеспечивается за счет обогрева изделий горячим воздухом.

Нагрев воздуха производится горячей водой, отходящими топочными газами, электроэнергией. Способ - неэкономичный.

При нем на поверхности появляется пленка, препятствующая быстрому улетучиванию паров растворителя краски, что задерживает процесс. Для высыхания краски требуется от 45 мин до 2-х часов.

2. Терморadiационная сушка, или сушка инфракрасными лучами основана на отражении от поверхности металла инфракрасных лучей длиной до 400 мкм. Эти лучи отражаются и поглощаются различными цветами красок почти одинаково. Излучающие поверхности при этом нагреваются, до 400...500°C. В качестве излучателей используются трубчатые электронагреватели с отражателями или чугунные плиты, обогреваемые газом или электричеством. Панельные и трубчатые источники тепла гораздо прочнее, чем стеклянные лампы, которые применяются еще и сейчас. Они поглощают меньше энергии, так как почти все лучи, излучаемые такими источниками, являются инфракрасными, т.е. тепловыми лучами с КПД близким 1. В лампах же накаливания около 70% потребляемой энергии преобразуется в инфракрасные лучи. Продолжительность сушки изделия составляет от 50 с. до 4...5 мин.

Особенность сушки заключается в том, что нагрев краски начинается снизу, затем доходит до наружной поверхности, что способствует хорошему и быстрому удалению паров растворителя краски.

Преимущества сушки инфракрасными лучами:

1. Небольшой расход энергии;
2. Быстрое просыхание изделий;
3. Безопасность процесса.

Сушка инфракрасными лучами может применяться в любом производстве, особенно при использовании передвижных сушильных установок. По сравнению с конвекционной сушкой изделия сохнут в 15 раз быстрее.

3. Высокочастотная сушка основана на поверхностном нагреве стальных деталей, помещенных в переменное магнитное поле высокой частоты. При этом тепло так же, как и при терморadiационной сушке передается от металла к слою краски. Источником высокочастотной энергии может служить любой

промышленный генератор ТВЧ. Равномерность нагрева детали и качество сушки в значительной степени зависят от конструкции индуктора.

Изделия нагреваются до 140...180° в течение 1/2...2 мин. в зависимости от толщины изделия. Этот способ эффективен для тонкостенных изделий, так как он позволяет за небольшое время нагревать или охлаждать изделие, что невозможно при терморadiационной сушке, которая требует значительного времени на нагрев и охлаждение. Существует еще один метод сушки - химический способ, разработанный работниками завода имени Лихачева (Россия).

Сушка производится в парах двухлористой серы. Он основан на окислительной полимеризации пленкообразующих веществ в 100 раз быстрее обычной конвекционной сушки.

Ванна с жидкой хлористой серой помещается в камеру.

Этот способ пригоден для синтетических и глифталевых эмалей и непригоден для нитро-перхлорвиниловых эмалей.

Эмали, имеющие в своем составе соединения свинца, цинка, марганца и железа, при таком способе сушки изменяют свой цвет и блеск, на них появляется белый налет.

Глава 10

Механизация и автоматизация сварочных работ

10.1. Общие сведения

Электродуговая сварка под слоем флюса является основным видом механизированной дуговой сварки в промышленности, на транспорте и в строительстве.

Производительность дуговой сварки металлическим электродом определяется величиной сварочного тока. Чем больше ток, тем скорее плавится основной металл и электродный стержень, тем больше скорость перемещения электрода, т.е. производительность процесса. При ручной сварке не представляется возможным заметно увеличить ток. При повышении тока до 350...400 А электрод разогревается добела и быстрое его расплавление приводит к образованию непроваров. Чтобы увеличить ток, нужно уменьшить длину участка электрода, находящейся под током. Но для этого

нужно было бы отказаться от, электродного покрытия и применить голый электрод, т.е. пойти на ухудшение качества шва, что недопустимо.

Предположим, что нам все же удалось приблизить токоподвод к кончику электрода и благодаря этому увеличить сварочный ток. Однако в этом случае повышение тока при сварке открытой дугой неизбежно вызовет сильное разбрызгивание жидкого металла. Из сказанного следует, что для повышения производительности сварки необходимо осуществить токоподвод к электродной проволоке неподалеку от места ее расплавления и защитить плавильное пространство, т.е. плавящийся кончик электрода, столб дуги и сварочную ванну от окружающей атмосферы.

Флюс выполняет роль электродного покрытия, легируя, в случае необходимости, металл шва соответствующими примесями, например, кремнием, марганцем и другими элементами.

10.2. Вибродуговая наплавка под слоем флюса

Автоматическая наплавка, ручная наплавка, газовая наплавка, металлизация, хромирование не могут быть рационально применены в качестве средств восстановления валов размером менее $\varnothing 100$ мм и наносить наплавку толщиной 0,5...2 мм при высокой производительности процесса.

Указанные способы ремонта, как правило, не обеспечивают удовлетворительной усталостной прочности деталей, работающих при циклической нагрузке.

В связи с этим был предложен и в последующем разработан новый вибродуговой метод наплавки под слоем флюса.

Наплавка валов под слоем флюса связана с некоторыми трудностями. Например, необходимо удерживать на поверхности вращающегося вала слой флюса толщиной не менее 20...30 мм и принимать меры против стекания металла шва и жидкого шлака.

При наплавке «виток к витку» нужно непрерывно удалять шлаковую корку.

Метод вибродуговой наплавки под флюсом отличается от автоматической наплавки под флюсом тем, что электрод во время горения дуги непрерывно вибрирует. Благодаря этому значительно облегчается и ускоряется процесс зажигания дуги. При наплавке без вибрации обычно дуга загорается не сразу, а лишь после нескольких вспышек, приводящих к появлению на поверхности наплавляемого

изделия отдельных капель металла и ожогов. Ожоги снижают усталостную прочность некоторых сталей.

При вибрирующем электроде дуга в большинстве случаев зажигается с первого же касания без образования ожогов. Вибрация электрода облегчает зажигание дуги и делает процесс горения более устойчивым, особенно на малых токах.

Вследствие вибрации перенос металла в дуге становится мелкокапельным, что способствует получению более плотной и мелкозернистой структуры наплавленного слоя с повышенными механическими свойствами.

Применение флюса обеспечивает хорошее формирование наплавленного металла с малым содержанием кислорода и водорода в шве.

Для осуществления вибродуговой наплавки под слоем флюса применяются автоматы типа АНКЭФ-1.

Электродная проволока движется по эллипсу, причем он может иметь любое пространственное положение.

Число колебаний электродной проволоки колеблется от 21 до 57 в секунду. Амплитуда колебаний конца электрода составляет: большая ось эллипса от 1...6 мм, меньшая ось от 0,5...3,5 мм. Электродная проволока диаметром до 2 мм.

На заводе «Узжелдорреммаш» для этих же целей переделан автомат КУМ-5М. Без переделки же он применяется для вибродуговой наплавки в струе жидкости.

Размах вибрации электрода выбирается в зависимости от диаметра электродной проволоки и обычно равен ему (иногда - 75% диаметра).

При ручной сварке глубина проплавления основного металла составляет от 0,5 до 4 мм, объем сварочной ванны 1...3 см³ и время перехода наплавленного металла с жидкого в твердое состояние от 0,3 до 2 с., а при сварке под флюсом соответственно: 25 мм, 20 см³ и от 10 с до 1,5 мин. Эти особенности заставляют при сварке под флюсом применять специальные приспособления, позволяющие удерживать флюс на расплавленном металле до его отвердевания.

Наплавка и заварка тепловозных деталей в среде углекислого газа CO₂ - позволяет полностью автоматизировать процесс. Газовая среда позволяет получить хорошее качество наплавленного слоя металла, не уступающего качеству металла, наплавленного под флюсом.

Для производства наплавочных и заварочных работ на блоке 10Д100 в среде углекислого газа используется полуавтоматическая установка, рабочее давления CO₂ на выходе 0,1...0,15 МПа

(см.рис.10.1.). Для подачи электродной проволоки применяется шланговый полуавтомат модели А-547-Р.

Он состоит из электродвигателя постоянного тока, редуктора и подающего механизма. Скорость подачи электродной проволоки регулируется посредством сменных шайб. Электродная проволока $\varnothing 1,2 \dots 2$ мм в виде бухты укладывается в кассету.

Кинематическая схема шлангового полуавтомата.

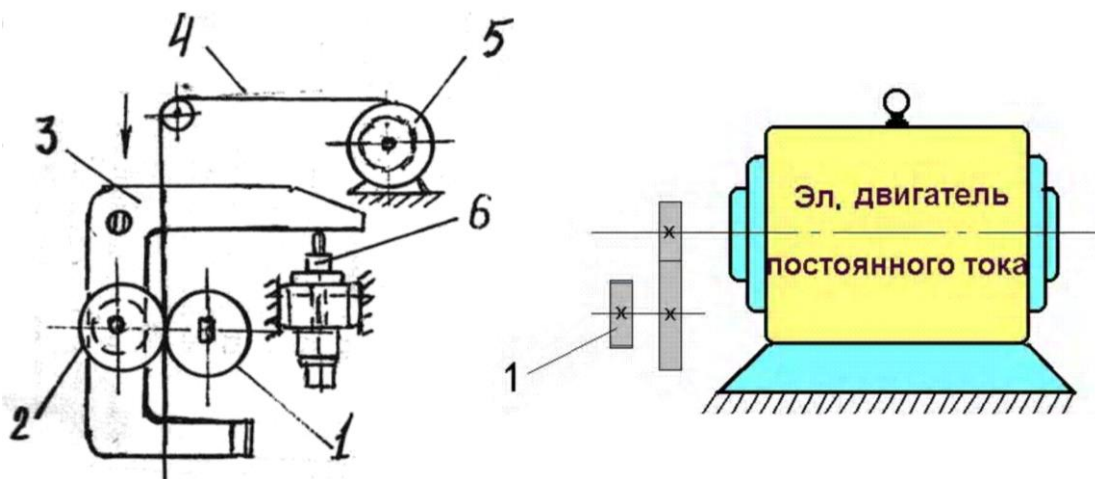


Рис.10.1.Кинематическая схема шлангового полуавтомата:

1-ведущий ролик; 2-прижимный ролик подшипник; 3-рычаг; 4-проволока электродная; 5-кассета с бухтой проволоки; 6-винт регулировочный

10.3. Вспомогательное сварочное оборудование

Уровень механизации производства сварных конструкций и наплавочных работ при ремонте деталей подвижного состава характеризуется степенью механизации как самого процесса сварки, так и вспомогательных работ.

Вспомогательные работы при сварке занимают значительный удельный вес. Так, например, при ручной дуговой электросварке затраты времени на вспомогательные работы составляют от 20 до 50% от всей трудоемкости; при автоматической сварке - от 30 до 70%.

При ручной и полуавтоматической сварке вспомогательное время затрачивается в основном на поворачивание свариваемых изделий и установки их в удобное положение, зачистку кромок и швов.

При автоматической сварке это время расходуется на кантование, транспортирование изделий и установку флюсоудерживающих приспособлений.

Механизация вспомогательных работ имеет огромное значение для

повышения производительности труда и снижения себестоимости сварочных и наплавочных процессов. Классификация вспомогательного сварочного оборудования приведена на рис. 10.2.



Рис.10.2. Классификация вспомогательного сварочного оборудования

Рассмотрим кратко их характеристики:

1. Оборудование для поворота изделий. К этому виду оборудования относятся устройства, предназначенные для поворота свариваемых изделий и установки их в удобное положение, а также для вращения изделий со скоростью сварки.

По конструкции и назначению это оборудование разделяется на пять классов: универсальные манипуляторы, манипуляторы – позиционеры, вращатели, кантователи и роликовые стенды.

К манипуляторам относятся устройства для установки изделий в удобное для сварки положение и обеспечивающие маршевые вращения свариваемых изделий при изменениях углов наклона оси вращения изделия.

По назначению манипуляторы (консольные и карусельные) разделяются на универсальные и позиционеры. Они применяются в серийном и индивидуальном производстве для сварки изделий, у которых отношение длины к ширине и высоте - 1:1:0,8 и которые требуют установочных перемещений в двух или трех пространственных плоскостях (автоматическая сварка цилиндрических корпусов, штуцеров, днищ, крышек; ручная и

полуавтоматическая сварка станин, каркасов и т.п.).

Вращатели- служат для поворота изделия с рабочей скоростью сварки вокруг одной оси. Вращатели от манипуляторов отличаются отсутствием установочных перемещений свариваемых изделий, т.е. не обеспечивают наклона оси вращения деталей и конструктивно выполняются с горизонтальной или наклонной осью. Вращатели применяются в серийном производстве для автоматической сварки изделий с кольцевыми швами, требующими поворота относительно одной оси (труб, емкостей, днищ, крышек, колес, корпусов, камер и т.д.).

Кантователи - предназначены для поворота, установки изделий в удобное для сварки положение и вращения их вокруг осей, лежащих в одной плоскости.

Классификация конструкций предусматривает кантователи: двухстоечные, одностоечные, цепные, кольцевые и с домкратами. Они применяются в серийном и индивидуальном производстве для сборки и сварки рам, балок, стрел, колонн и др.

Роликовые стенды - устройства для поворота и установки цилиндрических и конических изделий при сварке или вращении их со скоростью сварки. По конструкции различают стенды с соединительными валами и секционные, применяются для цилиндрических, конических изделий значительной длины (резервуаров, труб, котлов и др.)

Устройства для установки и перемещения сварочных автоматов, к ним относятся:

тележки (велосипедные, порталные) для сварочных автоматов, подъемно-поворотные (непередвижные) устройства для автоматов и полуавтоматов.

Устройства для зачистки кромок и швов: шлифовальные и рубильные машины, приводные щетки.

Устройства для формирования швов (сварных) -предназначены для уплотнения зазора между свариваемыми кромками в целях предупреждения протекания расплавленного металла и обеспечения провара кромок (флюсовые подушки и металлические неостающиеся подкладки).

Устройства для сборки сварных конструкций разделены на 6 типов в зависимости от конструкции: балочная и рамная конструкция, цилиндрическая конструкция, плоская листовая секция.

Специальные подъемно-транспортные средства: конвейеры, рольганги, транспортеры, специальные грузозахватные

приспособления.

Узлы вспомогательного сварочного оборудования: фиксирующие и прижимные устройства (фиксаторы, упоры, зажимы), приводы, плиты, стеллажи, роликовые опоры и т.д.

10.4. Манипуляторы

Среди различных видов вспомогательного оборудования для механизации сборочно-сварочных работ значительное место занимают манипуляторы, предназначенные для облегчения и ускорения трудоемких кантовочных операций, а также для установки и перемещения свариваемых изделий.

Универсальные манипуляторы отличаются высокой степенью механизации всех приводов и регулируемой скоростью вращения планшайбы стола. Они применяются в основном для автоматической сварки изделий с кольцевыми швами.

Позиционеры менее механизированы и используются главным образом, при ручной или полуавтоматической сварке различных металлоконструкций с прямолинейными швами.

Наиболее целесообразна эксплуатация их для сварки тяжелых металлоконструкций с большим количеством коротких швов, размещенных в разных плоскостях и требующих при сварке многократного кантования.

Все манипуляторы выполняются по двум принципиальным схемам, которые предусматривают повороты свариваемого изделия относительно двух или трех пространственных осей.

Различают 4 типа конструктивных схем манипуляторов.

I) две консольные, с механизмом уравнивания свариваемого изделия и без него;

II) две карусельные, с наклоном стола, но без механизма подъема его.

Манипуляторы, изготовленные по первой схеме, обладают хорошими эксплуатационными качествами, небольшой массой и габаритными размерами, отличаются простотой и экономичностью. Основной недостаток этой схемы заключается в том, что конструктивно нельзя создать манипулятор большей грузоподъемности, так как нагрузка сосредотачивается на консоли и с увеличением грузоподъемности резко возрастают размеры поперечного сечения консоли и других нагруженных звеньев манипулятора. По этой схеме рационально строить манипуляторы

грузоподъемностью до 30 кН.

10.5. Универсальные манипуляторы

К современным сварочным манипуляторам предъявляются следующие требования:

1. Непрерывное вращение свариваемого изделия на угол до 360° с постоянной заданной скоростью в зависимости от режима сварки. Скорость вращения должна плавно регулироваться в значительном диапазоне при сварке швов различного диаметра на разных сварочных скоростях;

2. Периодические кратковременные повороты изделий на угол не менее 90° , относительно горизонтальной оси, а у некоторых из них и линейное перемещение по высоте с нерегулируемыми скоростями.

Применение универсальных манипуляторов в сварочном производстве позволяет широко использовать прогрессивные методы сварки, значительно повысить производительность труда и улучшить качество сварных швов. Растущие масштабы сварочного производства и интенсивные темпы осуществления новых методов сварки требуют внедрения механизированных универсальных манипуляторов во все отрасли промышленности, где применяется сварка металлов.

В соответствии с требованиями сварочного производства их можно разделить на несколько типов различной грузоподъемности:

1. Настольные: консольные и карусельные - 0,4...1кН;

2. Переносные: консольные с механизмом уравнивания и без него - до 30 кН; карусельные с механизмом подъема стола и без него до 100 кН;

3. Переносные: карусельные до 300 кН; карусельные с домкратным приводом наклона стола более 300 кН.

Степень универсальности изготавливаемых манипуляторов зависит от назначения - для индивидуального и мелкосерийного производства или крупносерийного.

Главное рабочее перемещение свариваемого изделия в манипуляторе осуществляется от привода планшайбы, который должен:

1) плавно регулировать скорость вращения изделия;

2) сохранять постоянную скорость вращения при выбранном режиме сварки и возможность многократного точного повторения его после выполнения других операций;

3) иметь пульт дистанционного управления и создавать возможность одновременного возбуждения сварочной дуги и начала поворота изделия от общей пусковой кнопки.

В настоящее время наиболее распространен электрический привод, применяемый широко в манипуляторах малой и средней грузоподъемности.

В манипуляторах большой грузоподъемности целесообразно использовать гидравлические приводы с объемным регулированием. При больших мощностях гидропривод компактнее, проще и дешевле электрического. Применение гидроприводов в промышленности ограничивается отсутствием их серийного производства. Имеют также гидравлический привод с дистанционным управлением и регулированием скорости вращения планшайбы. Наряду с простотой конструкции и плавным бесступенчатым регулированием скорости вращения гидравлический привод обладает незначительной стабильностью ее при малых скоростях вращения (ниже 100 об/мин).

Изменение температуры масла (замена масла) и другие факторы влияют на скорость вращения, что требует дополнительных корректирующих и стабилизирующих устройств.

Перемещения свариваемого изделия в манипуляторе осуществляются от приводов наклона стола и его подъема.

Они должны обеспечивать повороты изделия с постоянными маршевыми скоростями и иметь фиксирующие и тормозящие устройства.

В настоящее время в универсальных манипуляторах применяются следующие приводы для наклона стола:

1. Ручные с червячными самотормозящими парами в манипуляторах грузоподъемности до 10 кН;
2. Электромеханические с тормозами и зубчатыми секторами в манипуляторах грузоподъемностью до 250 кН;
3. Гидравлические с кривошипным и кривошипно - рычажными механизмами и качающимися гидравлическими цилиндрами - в манипуляторах большой грузоподъемности.

Для подъема стола используются приводы: ручные, электромеханические с домкратными винтами; рейками; гидравлические с ручным приводом; гидравлические с механизированным приводом, применяемые в манипуляторах средней и большой грузоподъемности. Управление приводами установочных перемещений обычно осуществляется от стационарного пульта.

Рассмотрим установку для автоматической наплавки под слоем флюса остовов тяговых электродвигателей (см.рис.10.3.).

Установка предназначена для автоматической наплавки под слоем флюса горловин остовов электродвигателей тепловозов и электроподвижного состава.

Конструкция установки позволяет производить наплавку наружных и внутренних поверхностей других крупногабаритных деталей при замене приспособления для закрепления деталей на столе.

Техническая характеристика

1. Диаметр наплавляемых поверхностей	
а) наибольший, мм	1260
б) наименьший, мм	150
2. Длина наплавляемой детали (ход горизонтальной штанги), мм	500
3. Поворот наплавляемой детали – автоматически от универсального манипулятора УСМ-5000 со специальным приспособлением на столе для крепления детали,	
4. Частота вращения стола манипулятора до	1 об/мин.
5. Грузоподъемность манипулятора, кН	50
6. Перемещение мундштука с электродами по шагу наплавки и вдоль шва - автоматически.	
7. Количество электродов	2
8. Скорость подачи электродной проволоки (сменными шестернями), м/ч,	29... 302
9. Скорость наплавки, м/ч	0...220
10. Напряжение дуги, В	25...40
11. Ток дуги - постоянный, А	160... 500
12. Полярность	обратная
13. Подача флюса - автоматическая от специального механизма со шнеком.	
14. Высота подъема стола, мм	700
15. Скорость наклона стола, об/мин	0,6
16. Скорость подъема стола, м/мин	0,3

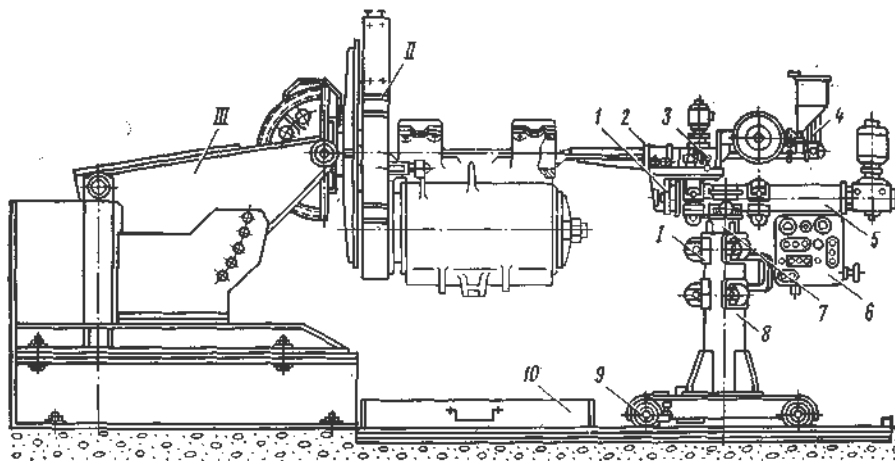


Рис. 10.5. Установка полуавтоматической наплавки горловин остова тягового двигателя

Установка состоит из специального наплавочного аппарата типа ТА-763 со шкафом управления, манипулятора типа УСМ-5000 с приспособлением для крепления остова и сварочного преобразователя типа ПС-500.

I. Наплавочный аппарат: состоит из тележки 9, на который установлена вертикальная обойма 8 с подвижной колонной 7. Перемещение колонны производится электродвигателем через вертикальный редуктор и винтовую пару. Для ограничения хода на обойме 8 установлены два конечных выключателя.

На колонне 7 установлена поворотная горизонтальная обойма 5 с подвижной штангой 1, на кронштейне которой установлен подающий механизм 3.

Перемещение горизонтальной штанги 1 осуществляется: вдоль оси электродвигателем через коробку скоростей и винтовую пару, а поперек оси - вручную, суппортом.

Продольный ход горизонтальной штанги 1 ограничивается конечными выключателями и может быть отрегулирован передвижным упором. К подающему механизму 3, на кронштейнах укреплены мундштуки с корректировочным механизмом 2, два барабана для сварочной проволоки, флюсоподающий механизм 4, состоящий из электродвигателя, червячного редуктора, приемного патрубка, шнека и бункера. Управление установки производится с пульта 6.

II. Приспособление для крепления остова электродвигателя.

III. Типовой манипулятор типа УСМ - 5000 состоит из опорной

фермы 13 сварной конструкции со шкафом электроаппаратуры управления; тумбы 12 с приводом наклона и подъема стола и поворотного стола 11 с приводом вращения.

На раме смонтирован пульт управления с розетками для подключения кнопочных станций дистанционного управления приводом вращения и подъема стола.

Привод наклона стола в крайних положениях планшайбы автоматически выключается. Стол представляет собой квадратную, съемную планшайбу. Под планшайбой размещен привод вращения стола, состоящий из электродвигателя постоянного тока и двухступенчатого редуктора.

Тумба манипулятора имеет сварной корпус коробчатой формы. Подъем стола осуществляется с помощью гидропривода; наклона - специальным механизмом, состоящим из асинхронного электродвигателя, червячного глобоидного редуктора и цилиндрической передачи.

Электрическая схема установки предусматривает возможность наплавки цилиндрических поверхностей и полуцилиндров, что достигается переключением универсального переключателя вправо (цилиндр) и влево (полуцилиндр). Среднее положение переключателя обеспечивает проведение наладочных операций (без сварки).

10.6 Экономическая эффективность сварочных манипуляторов

Применение универсальных сварочных манипуляторов способствует повышению уровня механизации наиболее тяжелых и трудоемких вспомогательных операций при сварке, увеличивает производительность сварочных работ за счет сокращения основного времени сварки на 15...20% и времени вспомогательных операций в 1,5...2 раза. Трудоемкость изготовления сварных изделий снижается на 30...50%, так как швы сваривают в удобных положениях, устраняется непроизводительная вертикальная сварка, появляется возможность применения электродов больших диаметров и ведения сварки на повышенных режимах, в силу чего швы больших сечений можно сваривать за один проход. Внедрение сварочных манипуляторов способствует значительному улучшению качества сварных швов за счет применения автоматической и полуавтоматической сварки, при этом швы могут свариваться в любой технологической последовательности.

Глубокое проплавление основного металла позволяет снизить величину катетов угловых швов без ущерба для их прочности.

Внедрение сварочных манипуляторов дает значительную экономию электродов, сварочных материалов и электроэнергии, поскольку при сварке автоматами и полуавтоматами используется голая электрическая проволока, а процесс сварки происходит под слоем флюса; устраняются потери на огарки электродов, угар и разбрызгивание наплавляемого металла. Кроме того, высвобождается производственная площадь за счет устранения кантования свариваемых изделий краном, и сокращаются крановые операции.

Сварочные манипуляторы позволяют широко внедрить новые высокопроизводительные способы сварки плавящимся электродом в защитной среде углекислого газа и с применением намагничивающихся флюсов. Манипуляторы способствуют осуществлению комплексной механизации сварочных работ. Опыт эксплуатации универсальных сварочных манипуляторов и позиционеров в производственных условиях показал, что расходы на их изготовление окупаются в течение одного года.

10.7. Вращатели

Вращатели используются в основном в серийных и крупносерийных производствах для автоматической сварки кольцевых швов. Они отличаются от манипуляторов тем, что обеспечивают свариваемым изделиям только одно перемещение - поворот с рабочей или маршевой скоростью относительно одной оси.

Скорость вращения шпинделя регулируется ступенчато или плавно, в зависимости от совершенства привода.

Грузоподъемность сварочных вращателей не превышает 10 кН. Все они являются стационарными и устанавливаются на фундаменте. Во вращателях применяются в основном электромеханические приводы поворота свариваемого изделия со сменным шестернями или фрикционными вариаторами для регулирования скорости сварки.

В них сваривают обычно симметричные цилиндрические изделия небольшой массы и небольших размеров со стыковыми и угловыми швами.

Применение вращателей для сварочных работ в промышленности дает значительный экономический эффект и улучшает условия труда за счет использования автоматической сварки. По сравнению со

сварочными манипуляторами потребность в них значительно меньше ввиду невысокой универсальности и ограниченного применения. В отдельных случаях эксплуатация вращателей вместо сварочных манипуляторов более приемлема в силу их компактности и низкой стоимости.

10.8. Кантователи

Кантователи широко применяются для сборки и сварки балочных и рамных конструкций в вагоностроении и других отраслях промышленности. Это объясняется тем, что по сравнению с манипуляторами - позиционерами они значительно проще и дешевле, хотя и не обеспечивают тех установочных положений изделия, что дают манипуляторы - позиционеры. С помощью кантователей можно сваривать - крупногабаритные конструкции, которые не представляется возможным изготовлять в позиционерах. Существуют кольцевые кантователи для сборки и сварки дизелей; на Людиновском заводе (тепловозостроительном) для сварки рамы длиной до 12 м, шириной до 3 м, успешно эксплуатируется кантователь. В настоящее время необходимо создание типовых конструкций двухстоечных кантователей и организация их серийного производства.

Роликовые стенды - широко применяются в промышленности для сборки и сварки, главным образом, длинных цилиндрических изделий.

Литература

1. М.А. Бабилов, А.В. Коссинский. Элементы и устройства автоматики. М., «Высшая школа». 1975, 464с.
2. В.В. Кувшинский. Основы автоматизации технологических процессов в машиностроении. «Машгаз». М - сведловск, 1962, 262с.
3. Перельман Д.Я. и др. Комплексная механизация и автоматизация ремонта подвижного состава. М., «Транспорт», 1977, 279с.
4. Арустамян С.А. Автоматика и автоматизация производственных процессов (Конспект лекций для бакалавров). ТашИИТ, Ташкент. 2001, 185с.
5. В.С. Терган и др. Основы автоматизации производства. М., «Машиностроение». 1982, 272с.
6. С.А. Арустамян , В.И. Юшко, М.М. Рахманкулов и др. Система автоматического управления вентилятора холодильника тепловозов с электромагнитными порошковыми муфтами. УзИНТИ, Т., 1968, 36с.
7. Автоматическая загрузка технологических машин. Справочник. (И.С. Бляхеров и др.); Под общей редакцией И.А. Клусова – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

Оглавление

Введение.	3
-------------------	---

Часть первая

Элементы автоматики и системы автоматизации

Глава 1. Основные понятия и определения.	4
Глава 2. Датчики.	
2.1. Преобразователи неэлектрических величин в электрические.	11
2.2. Характеристики датчиков.	11
Глава 3. Усилители.	34
3.1. Общие сведения об усилителях.	34
3.2. Магнитный усилитель.	37
3.3. Гидравлические и пневматические усилители.	43
3.4. Электромагнитные реле.	47
Глава 4. Исполнительные элементы (механизмы) автоматики. . .	56
4.1. Общие сведения.	56
4.2. Электромагнитные муфты трения и скольжения. . .	58
Глава 5. Классификация устройств гидроавтоматики.	71
5.1. Общие сведения.	71
5.2. Гидравлические насосы.	71
5.3. Гидравлические исполнительные механизмы.	75
5.4. Распределительные и регулирующие устройства. . .	79

Основы автоматизации дискретного производства

Глава 6. Автоматизация загрузочных устройств станков и технологических агрегатов.	83
6.1. Общие сведения.	83
6.2. Назначение и виды загрузочных устройств.	84
Глава 7. Системы автоматического управления станками и технологическими агрегатами.	101
7.1. Вводные понятия.	101
7.2. Командно-приводная кулачковая система управления.	102
7.3. Простая командная система управления.	103
7.4. Простая командная система управления последовательного действия.	104
7.5. Следящая командная система управления.	105

7.6. Система управления с активным контролем.	106
7.7. Система числового программного управления.	107
Глава 8. Механизация и автоматизация контроля техноло- гических процессов на локомотиворемонтных предприятиях при выпуске запасных частей.	109
8.1. Общие сведения.	109
8.2. Принцип выбора контрольных устройств.	111
8.3. Классификация автоматических контрольных устройств.	120
8.4. Механизированные и автоматизированные устройства для контроля при ремонте под- вижного состава.	129
Глава 9. Механизация и автоматизация окраски и сушки машин.	141
9.1. Общие сведения.	141
9.2. Подготовка поверхностей под окраску.	142
9.3. Грунтовка.	143
9.4. Окраска деталей.	144
9.5. Автоматическая окраска в электростатическом поле.	148
9.6. Механизация сушки после окраски.	150
Глава 10. Механизация и автоматизация сварочных работ.	152
10.1. Общие сведения.	152
10.2. Вибродуговая наплавка под слоем флюса.	153
10.3. Вспомогательное сварочное оборудование.	155
10.4. Манипуляторы.	158
10.5. Универсальные манипуляторы.	159
10.6. Экономическая эффективность сварочных манипуляторов.	163
10.7. Вращатели.	164
10.8. Кантователи.	165
Литература.	166

			Редактор
Подписано в печать		Объем 10	п.л.
Формат бумаги 60x84 1/16	Тираж	Заказ № 428	
Типография ТашИИТ.		Ташкент, Адылходжаева, 1	