

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

14/16/6

**Одобрено кафедрой
«Нетяговый подвижной
состав»**

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ВАГОНОВ

**Методические указания
к выполнению курсового и дипломного проектов
для студентов
специальности
190302.65 «Вагоны»
специализации
190302.65.01 ВАГОНРЕМОНТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

РОАТ

Москва – 2009

С о с т а в и т е л ь — канд. техн. наук, доц. В.Е. Новиков

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, доц. Б.В. Смагин

1 ВВЕДЕНИЕ

Техническая вооруженность предприятий по изготовлению и ремонту вагонов тесно связана с комплексной механизацией и автоматизацией производственных процессов. Для успешного функционирования названные производства, как и любые другие, нуждаются в специалистах, обладающих необходимым уровнем знаний в области управления и регулирования производственными процессами.

Это требует от инженера-механика умения решать множество вопросов, связанных с анализом и разработкой как различных конструкций механизмов, так и схем управления, обеспечивающих их работу в автоматическом режиме.

Основы теоретических знаний по конструкциям механизмов, используемых в вагоноремонтном производстве, студенты получают при изучении дисциплин «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования» и др. Эти знания необходимы при разработке конструктивных схем машин, выборе целесообразного вида привода и оценке его основных параметров, а также при подборе необходимой передачи (ременная, зубчатая, цепная и т.д.)

Задача же выбора силовых схем питания приводов, расчета их параметров, выбора коммутационной, защитной и переключающей аппаратуры, а также разработки схем управления, обеспечивающих работу установки в автоматическом режиме, ставится перед студентами при выполнении курсового проекта по рассматриваемой дисциплине.

В процессе же дипломного проектирования все эти навыки углубляются и закрепляются. При работе над курсовым и дипломным проектами студент-заочник должен использовать не только материалы методических указаний, техническую литературу и знания, полученные на лекциях и лабораторных занятиях, но и опыт предприятия, на котором он работает. Если же содержание учебной работы студента по автоматизации того или иного производственного процесса согласовано с потребностями предприятия, то это делает его работу не только необ-

ходимой для учебного процесса, но и полезной для производства.

Опыт показывает, что наиболее трудно задачи автоматизации решаются применительно к вагоноремонтному производству. По этой причине в настоящих методических указаниях основное внимание уделено вопросам, связанным с анализом и разработкой схем автоматического управления процессами, характерными именно для ремонтного производства.

2 ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Необходимость автоматизации производственных процессов изготовления и ремонта вагонов, также как и в любом другом производстве, определяется целым рядом факторов, среди которых можно назвать:

- увеличение скорости протекания отдельных процессов и необходимость сокращения времени перехода от одной операции к другой;

- увеличение взаимозависимости операций, когда невыполнение одной из них может сорвать выполнение другой;

- необходимость быстрого прекращения операции или их взаимосвязанного комплекса при возникновении аварийной ситуации;

- потребность в контроле параметров, которые не улавливаются органами чувств человека (радиация, электромагнитные и ультразвуковые колебания и пр.);

- вредность для человека отдельных видов производства;

- требование быстрой корректировки хода процесса при воздействии возмущающих факторов, когда способности человека не обеспечивают необходимого быстрого действия;

- необходимость многократного выполнения повторяющихся операций, что в условиях ручного и механизированного производства приводит к быстрому утомлению рабочего и снижению производительности.

Выполнение требований перечисленных факторов и устранение вредного влияния отдельных из них возможны при авто-

матизации производственных процессов. Путь развития производства сопровождался переходом от ручного труда к механизированному с последующей автоматизацией работы отдельных механизмов, их комплексов и целых производств. Механизация освободила человека от затрат физического труда, сохранив за ним функции контроля за работой машин и ходом технологических процессов.

Машины и механизмы, значительно облегчившие ручной труд, могут работать, используя различные виды энергии (электро-, гидро-, пневмо-). Степень использования механизмов при выполнении технологического процесса или отдельной его операции характеризует уровень механизации производства.

Качественно новым этапом в развитии производства является переход от механизации его процессов к их автоматизации.

Уровень механизации (автоматизации) отдельного производственного подразделения может быть оценен отношением оперативного времени, затрачиваемого на механизированное (автоматизированное) выполнение операций, к общему оперативному времени для данного участка. Подробно с методикой расчета этих показателей можно познакомиться, по материалам учебной [1] и технической [2] литературы, рекомендованной студентам для изучения.

По имеющимся данным уровень механизации производственных участков депо (в процентах) колеблется в пределах: 10÷50 — для вагоноборочного участка, 15÷75 — для тележечного, 50÷80 — для колесно-токарного, 10÷40 — для роликового и 40÷70 — для контрольного пункта автосцепки.

Автоматизация, являющаяся качественно новым этапом в развитии производства, объединяет комплекс мероприятий по управлению и контролю за работой отдельных машин, их взаимосвязанных комплексов, цехов и в целом предприятия без участия человека.

Среди задач (проблем), которые приходится решать при автоматизации, следует выделить следующие три основные: социальную, техническую и экономическую.

Социальная проблема заключается в своевременной подготовке кадров для создания и обслуживания средств автоматизации.

зации, совершенствовании норм оплаты и организации труда. Внедрение автоматов и промышленных роботов приводит к частичному высвобождению рабочей силы и росту числа безработных, что придает особую остроту социальной проблеме, так как требует решения задач по трудоустройству рабочих.

Техническая проблема автоматизации связана с приобретением, разработкой, изготовлением и внедрением необходимых средств автоматизации.

Экономическая проблема состоит в выборе рационального (оптимального) варианта автоматизации. При нескольких возможных решениях предпочтение отдают тому, для реализации которого требуются меньшие (приведенные на единицу продукции) затраты.

При изготовлении вагонов может быть автоматизирован весь процесс производства. Автоматизация же технологических процессов при ремонте вагонов может осуществляться с использованием отдельных автоматов, полуавтоматов, манипуляторов и промышленных роботов, автоматических линий, а также сочетанием всех перечисленных средств. Однако полная автоматизация ремонтного производства представляется достаточно сложной задачей. Это можно объяснить тем, что даже однотипные изделия, из-за неоднородности повреждений, нуждаются в различном объеме ремонта.

В вагоносборочных цехах (участках) при ремонте кузова и рамы достаточно широко используются сварочные полуавтоматы различных типов. Распространено применение автоматических установок для очистки (обмывки) и окраски вагонов и их частей. Такие установки действуют на вагонных участках, в депо и на ремонтных заводах. В ремонтном производстве с установившимися потоками целесообразно автоматизировать транспортные операции. Например, могут быть переведены в автоматический режим работы тяговые конвейеры, поворотные круги, подъемники, кантователи. Можно автоматизировать установки по обработке и сушке древесины и пр. На некоторых вагоноремонтных заводах автоматические линии применяют для изготовления запасных частей.

Можно разработать и применить при ремонте вагонов и их сборочных единиц различные типы автоматов и полуавтоматов, используя их, например, при разборке и сборке вагонов, а также их составных частей, однако такие автоматы будут сложны по конструкции и управлению. По этим причинам в вагоносборочных цехах (участках) необходимо прежде всего решить вопросы механизации сборочно-разборочных работ.

В вагоноремонтном производстве начали использовать промышленные роботы и манипуляторы.

Манипулятор (М) — устройство, с помощью которого осуществляется перемещение объекта в пространстве. Движения, выполняемые рабочим органом М, напоминают движение руки человека. Объектами манипулирования могут быть детали, заготовки, инструмент, технологическая оснастка и пр. Методы управления М могут быть [3], биотехническими (ручное управление), интерактивными (смешанное управление) и автоматическими. Первый метод требует постоянного участия оператора, второй — в ряде случаев может протекать и без участия человека. В автоматическом режиме М работает без участия человека. К автоматически действующим М относятся автооператоры (А) и промышленные роботы (ПР).

Автооператор (А) состоит из М (или М и устройства передвигания) и неперепрограммируемого управляющего устройства. Можно сказать, что А — это М, работающий по жесткой программе.

Промышленный робот (ПР) — перепрограммируемый автоматический М промышленного применения. ПР по классификационным признакам делятся [3] на большое количество групп: по характеру выполняемых операций (технологические, подъемно-транспортные, универсальные), по мобильности (стационарные, передвижные), по типу силового привода (электромеханический, гидравлический, пневматический, комбинированный), по грузоподъемности, по конструктивному исполнению (встроенные, напольные, подвесные) и т.д.

Автоматические манипуляторы и промышленные роботы можно применять при монтаже и демонтаже буксовых узлов, при сварочных работах в процессе восстановления корпусов

автосцепок, при разборке, сборке и окраске вагонов и т.д. Манипуляторы находят применение при окраске вагонов и их частей, для обслуживания кузнечно-прессового оборудования, при изготовлении дверей. Тележки-манипуляторы используются для подъема кузовов вагонов, смены поглощающих аппаратов, при демонтаже букс пассажирских вагонов и т.д.

Роботы в вагоноремонтном производстве могут найти применение при обслуживании токарных станков, в качестве транспортных и загрузочно-разгрузочных средств, а также при автоматизации процессов наплавки. Характеристики отдельных моделей роботов, выпускаемых отечественной промышленностью, помещены в таблица 1 приложения. Более подробную информацию о роботах можно получить из технической литературы [3; 4].

3 ЗАДАЧИ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Основное назначение курсового и дипломного проектирования — приобретение и закрепление студентами навыков решения теоретических, конструктивных и экономических задач. Наиболее полно все задачи, в том числе и связанные с автоматизацией производства, решаются в процессе дипломного проектирования, когда осуществляется анализ производства, подлежащего автоматизации; ведутся расчет, конструирование и выбор необходимого технологического оборудования и исполнительных элементов; разрабатываются силовые схемы питания и схемы систем автоматического управления и регулирования; рассчитывается экономический эффект от принимаемых решений.

Работа над проектом по автоматизации технологического процесса должна начинаться после получения задания, в котором указывается наименование и характеристика предприятия, цель проекта; перечень подразделений (цехов, участков, отделений), установок, агрегатов и механизмов, подлежащих автоматизации, и условия их работы (влажность, взрывоопасность помещения, агрессивность среды, колебания температуры и пр.). В задании могут быть оговорены предложения по централизации управления процессом.

Данные для задания студент получает от руководителя дипломного проектирования, если проект имеет только учебное назначение, или от предприятия, для которого ведется конкретная разработка.

При работе над проектом необходимо иметь следующие исходные данные автоматизируемого производства: технологические схемы с характеристиками оборудования; перечень контролируемых и регулируемых параметров; схемы имеющихся цепей управления с указанием типов входящих в их состав аппаратов; схемы водоснабжения, воздухоснабжения, параметры труб, установленные нормы расхода воды, воздуха и пр.; требования к надежности; характеристики (мощность, род тока, уровень напряжения и т.д.) источников питания и цепей электропитания.

Разрабатывая тему проекта, необходимо учитывать основные технические направления в разработке автоматизированных процессов, свойственные в первую очередь предприятиям железнодорожного транспорта, с учетом их развития на перспективу; результаты имеющихся научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок; передовой опыт, накопленный в других отраслях народного хозяйства; действующие нормы и правила; типовые методики по оценке экономического эффекта.

Все эти сведения студенты могут получить из общетехнической и специальной литературы, к которой относятся справочники, учебники, реферативные журналы, экспресс-информация, авторские свидетельства (описания) и пр.

Работа над проектным заданием включает следующие стадии:

- анализ автоматизируемого технологического процесса, предложенного для автоматизации, и разделение его на простые операции;

- выбор для каждой операции и всего процесса в целом принципа, типа системы и средств управления, исходя из необходимости контроля времени и путей перемещения;

- разработку циклограммы работы устройства или описание последовательности включения и отключения всех его элементов и компоновку автомата;

- выбор механизма или автоматического устройства из отечественной или зарубежной практики, которые могут быть непосредственно (без изменения схемы и конструкции) применены для выполнения каждой из заданных операций или послужить аналогом для разработки требуемого механизма или устройства;
- разработку конструктивной схемы механизма с учетом выбранных средств автоматического управления;
- расчет мощности приводных двигателей;
- разработку структурной и принципиальной схем системы автоматического управления (САУ);
- выбор элементов (датчиков, усилителей, исполнительных элементов) САУ;
- выбор (при необходимости регулирования какого-либо параметра) принципа регулирования и типа системы автоматического регулирования (САР);
- оценку надежности автоматического устройства и оценку экономической эффективности его внедрения.

4 АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРИНЦИПОВ И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ

Анализ вагоноремонтного производства [2; 5÷7] позволяет выделить в нем целый ряд процессов, подлежащих автоматизации в первую очередь. Это, как правило, процессы, сфера действия которых охватывает часто повторяющиеся операции над однотипными объектами, или процессы, связанные с необходимостью регулирования параметров, меняющихся в ходе выполнения технологической операции. Ручное управление такими процессами вызывает быструю утомляемость обслуживающего персонала, повышает вероятность ошибки и в конечном итоге ведет к снижению производительности труда. К таким процессам следует отнести: транспортировку, очистку (обмывку), изменение ориентации, поддержание заданного режима работы (по температуре, давлению, уровню жидкости и пр.).

При анализе технологических процессов вагоноремонтного производства, подлежащих автоматизации, необходимо учиты-

вать, что практически любой из них можно представить как совокупность следующих простых операций [8]: механических (последовательное перемещение, вращательное движение); тепловых и диффузионных (нагревание, охлаждение, сушка и пр.); пневмогидравлических (наполнение и опорожнение емкости жидкостью или газом).

Управление каждой из этих простых операций сводится к реализации следующих задач:

- пуск и остановка;
- изменение направления (линейное перемещение вперед—назад, вверх—вниз, вращение по часовой или против часовой стрелки, охлаждение — нагревание, заполнение — опорожнение емкости жидкостью или газом и т.д.);
- контроль режима (обеспечение заданной выдержки времени, поддержание заданной скорости движения, температуры, давления, уровня и т.д.).

Механизм или автоматическое устройство, которое можно использовать непосредственно или в качестве прототипа для разработки требуемой конструкции, рекомендуется выбирать, используя данные литературы [2, 5÷9].

Управление технологическим процессом в целом складывается из согласованного управления (поочередного и одновременного) каждой операцией в отдельности. Наилучшие результаты достигаются при автоматическом управлении.

Изучением процессов, протекающих в установившихся и переходных режимах работы автоматических устройств, анализом работы элементов автоматики (датчиков, усилителей, исполнительных элементов и пр.) и систем управления, контроля и сигнализации занимается теория автоматического управления [10].

Грамотно ориентироваться в вопросах автоматического управления, инженеру-механику позволит знание современной терминологии. Наиболее часто встречаются такие термины, как система автоматического управления, объект управления, алгоритм функционирования, алгоритм управления, принцип управления.

Система автоматического управления (САУ) — совокупность объекта управления и управляющего устройства, взаимодействие которых осуществляется в соответствии с алгоритмом управления.

Объект управления — отдельное устройство или их совокупность, участвующие в технологическом процессе, который нуждается в оказании специально организованных воздействий извне для выполнения требуемого алгоритма функционирования.

Алгоритмом функционирования называется совокупность предписаний, ведущих к правильному выполнению технологического процесса. Иными словами, алгоритм функционирования показывает, как должны изменяться во времени и пространстве переменные величины (параметры), характеризующие ход процесса, в соответствии с предъявляемыми требованиями технологии, экономики и др.

Алгоритм управления — совокупность предписаний, определяющих характер воздействий извне на объект управления для выполнения им заданного алгоритма функционирования.

САУ строятся на основе трех принципов управления: в функции времени, в функции пути и комбинированного (в функции пути и времени).

Принцип управление в функции времени характеризуется тем, что команды на исполнение каждого элемента цикла работы механизма или отдельной операции технологического процесса подаются через определенные заранее заданные промежутки времени независимо от того, выполнены или нет предыдущие команды.

По степени централизации САУ, реализующие временной принцип управления, относятся к централизованным системам. Достоинство таких систем в простоте реализации. Недостаток — отсутствие контроля за выполнением команд, что в отдельных случаях может явиться причиной аварии, кроме того, увеличивается цикл работы, так как счетчики времени приходится настраивать на большую продолжительность срабатывания исполнительных механизмов с учетом наиболее тяжелых условий. Централизованные системы управления применяются при автоматизации операций сигнализации и тех технологических

процессов, в которых несрабатывание какого-либо исполнительного механизма не приведет к аварийной ситуации. Схемы управления таких систем строятся на основе применения реле времени и командоаппаратов, используемых в качестве элементов, задающих режим работы исполнительных механизмов. Данные отдельных типов реле времени приведены в таблице 2 приложения. На базе командоаппарата (например, КЭП-12у) можно целиком построить схему, управляющую работой несложного механизма или отдельного процесса. Схемы же на базе реле времени, как правило, требуют дополнительного применения электромагнитных реле, основные типы и характеристики которых можно найти в той же таблице.

Принцип управления в функции пути характеризуется тем, что команды на исполнение каждого последующего элемента цикла работы подаются только при наличии информации о выполнении предыдущего. В САУ, реализующих этот принцип, операции выполняются строго последовательно по мере того, как достигается заранее заданное положение в пространстве исполнительного механизма или значение характеризующего ход процесса параметра (температуры, давления, величины перемещения, чистоты поверхности, линейных размеров деталей и пр.).

Контроль за изменением параметров осуществляется с помощью датчиков, выполняющих в САУ роль первичных источников информации. Датчики, преобразующие контролируемый параметр в один из параметров электрической цепи (L , R , C), называются параметрическими. Если же под влиянием контролируемого параметра датчик вырабатывает ЭДС, то его относят к группе генераторных датчиков. К параметрическим датчикам активного сопротивления относятся, например, конечные выключатели (контактные датчики), реостатные датчики, терморезисторы и другие. К генераторным — термопары, тахометрические датчики и др. Подробные сведения о параметрах (входных и выходных) датчиков, их характеристиках, области применения и других свойствах могут быть получены из учебной [10; 11], специальной технической [12] литературы или из курса лекций. Сведения об отдельных типах датчиков помещены с таблица 3 приложения.

По степени централизации САУ, реализующие принцип управления в функции пути, относятся к децентрализованным системам, для которых характерна строгая последовательность выполнения операций. Контроль за окончанием одной операции и подача разрешения на начало следующей осуществляется с помощью датчиков, команды от которых передаются к исполнительным механизмам непосредственно или через усилители и промежуточные элементы (магнитные усилители, электромагнитные реле и пр.).

Реализация принципа управления в функции пути осуществляется, как правило, с помощью более сложных систем управления, требующих и несколько больших затрат на перестройку цикла и программы работы. Этот принцип реализуется в системах, применяемых для автоматизации небольших (или отдельных частей более сложных) технологических процессов.

Комбинированное управление (в функции пути и времени) реализуется в смешанных системах, сочетающих в себе черты централизованных и децентрализованных систем. В этом случае с центрального пульта осуществляется управление работой всей автоматической линии, но наряду с этим обеспечивается и контроль выполнения очередных команд при помощи датчиков. Смешанные системы управления отличаются гибкостью и универсальностью. Они нашли широкое распространение для управления отдельными станками и целыми автоматическими линиями. В частности, эти системы применяются при автоматизации поточно—конвейерных линий по ремонту вагонов, тележек и автосцепного оборудования, установок по очистке (обмывке) частей подвижного состава и пр.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

5.1 ВЫБОР ПРИВОДА

В зависимости от назначения в разрабатываемую установку могут входить несколько механизмов, выполняющих различные операции рассматриваемого технологического процесса.

Любой механизм состоит из рабочего органа и привода. Конструкция и вид рабочего органа определяются назначением механизма. Привод включает в себя двигатель и передачу.

Тип привода (гидро-, пневмо-, электро- или их сочетание) следует выбирать с учетом назначения и условий работы каждого механизма в отдельности и всей установки в целом. Принятое решение должно быть обосновано.

Таким обоснованием может служить: необходимость обеспечения требуемого быстродействия; наличие на предприятии достаточных по мощности источников энергии (пневмо-, электро-, гидро-) и механизмов для ее использования; предъявляемые требования к габаритам, КПД, сроку службы, чувствительности к перегрузкам; способность установки противостоять влиянию запыленности, наличию взрывоопасных компонентов в окружающей воздушной среде, влиянию магнитных полей и концентрированных излучений. Кроме того, следует учитывать и трудности, связанные с монтажом, демонтажом и эксплуатацией линий передач энергии и самих установок.

Например, предпочтительное применение пневмоустановок зачастую диктуется наличием на предприятии развитой системы воздухопроводов, облегчающих подачу к механизмам сжатого воздуха, являющегося рабочим телом. Преобразование энергии сжатого воздуха в механическую энергию движения рабочих органов машины в пневмоприводах осуществляется с помощью поршневых или роторных исполнительных устройств, а также устройств с упругими элементами [13; 14].

Находит применение пневмопривод и в конструкциях промышленных роботов [3÷4] грузоподъемностью до 20 кгс. Среди положительных свойств пневмоприводов, используемых для этих целей, отмечают: достаточное быстродействие, простота конструкции пневмоцилиндров и поворотных пневмодвигателей, возможность реализации движений без применения сложных механических передач, надежность работы в достаточно широком диапазоне температур.

В вагоноремонтном производстве для привода различных механизмов наиболее часто используют пневмоцилиндры, с помощью которых обеспечивается возвратно-поступатель-

ное или вращательное движение рабочего органа. На рисунке 5.1, *а*, *б* приведены схемы пневмоцилиндров одно— и двустороннего действия.

Горизонтальное перемещение штока 3 цилиндра 1 двустороннего действия (см. рисунок 5.1, *а*) происходит под давлением «*p*» сжатого воздуха, подаваемого в левую или правую полости цилиндра с помощью золотникового распределителя 4. (Порядок работы распределителя будет рассмотрен позднее). Действующие при этом на поршень 2 усилие *P* передается через шток 3.

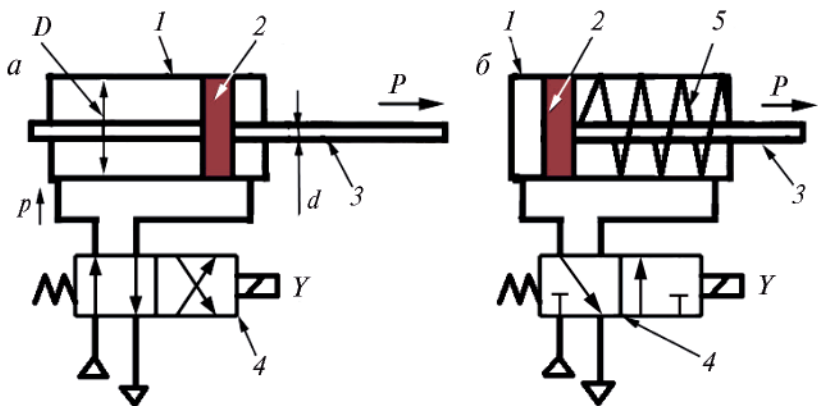


Рисунок 5.1 —Схемы пневмопривода с поступательным перемещением рабочего органа:

а — двустороннего действия; *б* — одностороннего действия

В цилиндре одностороннего действия (см. рисунок 5.1, *б*) рабочее усилие *P* на штоке 3 развивается при подаче сжатого воздуха в рабочую (на рисунке — левую) полость цилиндра. Это происходит при возбуждении электромагнита *У* распределителя 4. На рисунках 5.1, *а* и *б* указано (как этого требуют правила изображения электрических схем) состояние распределителя при невозбужденных электромагнитах *У*. В этом состоянии поршень 2 на рисунке 5.1, *а* находится в правом положении, а на рисунке 5.1, *б* под воздействием пружины 5 — в левом.

Поступательное перемещение поршня пневмоцилиндра может быть преобразовано во вращательное, например, с помощью специальной конструкции, показанной на рисунке 5.2. Воздух под давлением « p », подаваемый в правую или левую часть цилиндра 1, действует на поршень 2 или 2', соединенные зубчатой рейкой 3.

При перемещении зубья рейки, зацепляясь с зубьями вала-шестерни 4, заставляют его вращаться. Таким образом, линейное перемещение преобразуется во вращательное (по часовой или против часовой стрелки).

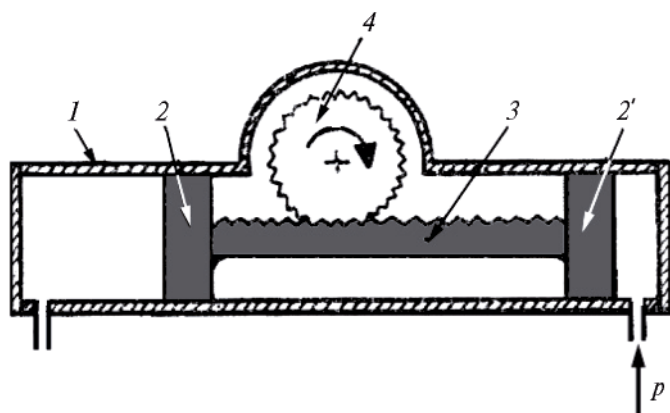


Рисунок 5.2 – Поворотный пневмодвигатель с зубчато-реечной передачей

Одним из положительных качеств пневмопривода является то, что для него не нужны возвратные трубопроводы (отработанный воздух выбрасывается в атмосферу) и требования к герметичности не столь жестки, как в гидросистемах. Пневустройства применимы для работы во взрывоопасных и пожароопасных средах, на них практически не влияют запыленность и магнитные поля, при перегрузках они останавливаются без поломок. Накопление энергии обеспечивается установкой простых емкостей.

При этом приходится мириться с невысоким КПД силовой системы, не превышающим 30%, и невысокой скоростью пере-

дачи сигнала управления (до 360 м/с). К недостаткам пневмопривода следует отнести и наличие ударов в конце хода поршня, и трудно обеспечиваемые плавность перемещений и точность остановки в любом положении. Устранение этих недостатков требует применения специальных устройств (демпферов и пр.).

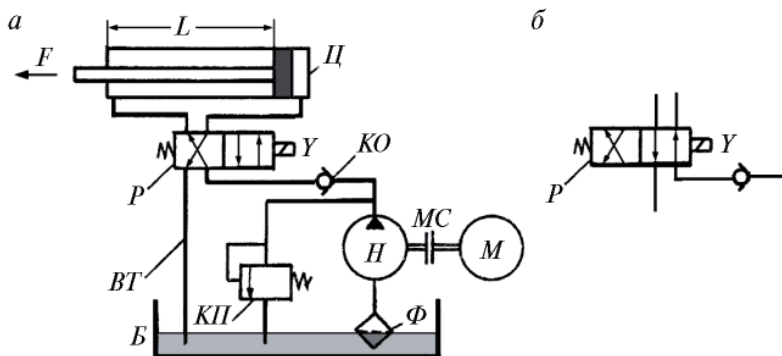
Гидроприводы той же мощности могут быть выполнены меньших габаритов по сравнению с пневмоприводами, благодаря использованию более высоких давлений рабочего тела (жидкости). Они обладают достаточно высокой и легко регулируемой плавностью перемещений и точностью остановки. У них практически отсутствуют удары в конце рабочего хода. Они более экономичны (КПД до 70%), так же, как и пневмоприводы, останавливаются без поломок в случае перегрузок. При использовании негорючих жидкостей гидроприводы могут работать во взрывоопасных средах, и на их работоспособность не влияют магнитные поля. Скорость передачи управляющего сигнала в гидросистеме достигает 1000 м/с.

Гидроприводы применяют и в конструкциях промышленных роботов (ПР) с большой грузоподъемностью (до 1000 кгс). В сочетании с различными конструкциями механических передач в ПР этот привод используется в виде гидроцилиндров с поступательным движением штока, поворотных гидродвигателей и гидромоторов.

Однако гидроприводы сложнее в изготовлении из-за высоких требований к герметичности. Их схемы (см. рисунок 5.3) напоминают схемы пневмоприводов, но для гидроустановок обязательны возвратные трубопроводы (ВТ).

Для накопления энергии требуется установка достаточно сложных и громоздких гидропневматических аккумуляторов.

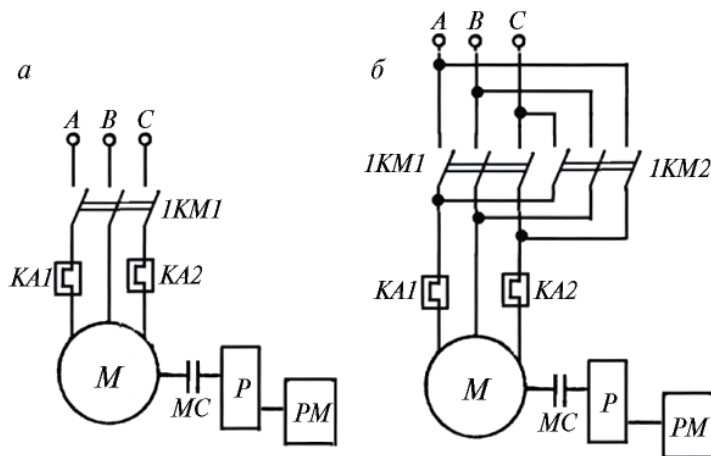
Широкое распространение получил электромеханический привод. В качестве преобразователей электрической энергии в механическую чаще используются электрические машины постоянного и переменного тока. Наибольшей простотой и надежностью отличается электромеханический привод, выполненный на базе асинхронного двигателя (АД). Упрощенные схемы таких приводов показаны на рисунке 5.4, а, б. Асинхрон-



M — электродвигатель, *H* — насос, Φ — фильтр, *KП* — клапан предохранительный, *KO* — клапан обратный, *P* — распределитель с электромагнитным приводом *Y*, *Ц* — гидроцилиндр, *B* — бак для рабочей жидкости, *BT* — возвратный трубопровод

Рисунок 5.3 — Схема гидропривода с возвратно-поступательным движением:

a — состояние установки при невозбужденном электромагните *Y* распределителя *P*; *б* — состояние распределителя при возбужденном электромагните *Y* (подано напряжение на его катушку)



M — асинхронный электродвигатель, *P* — редуктор, *MC* — муфта сцепления, *PM* — рабочий механизм, *KA1* и *KA2* — элементы токовой защиты, *1KM1* и *1KM2* — контакты магнитных пускателей

Рисунок 5.4 — Упрощенные схемы электромеханического привода:

a — неревверсируемого; *б* — реверсируемого

ный двигатель M , включенный по реверсивной или нереверсивной схеме, через редуктор P и муфту сцепления MC приводит в движение (вращательное) рабочий механизм PM .

Технические характеристики асинхронных электродвигателей приведены в таблице 4 приложения, а характеристики редукторов в таблице 6 приложения.

К недостаткам АД следует отнести незначительное превышение пускового момента $M_{\text{п}}$ над номинальным $M_{\text{н}}$ ($M_{\text{п}}/M_{\text{н}} = 1\div 2$) и трудности в регулировании частоты вращения. Регулирование частоты вращения АД можно обеспечить за счет переключения пар полюсов (ступенчатое регулирование) или изменением частоты питающего напряжения (плавное регулирование).

Первый способ требует усложнения конструкции самого АД, второй — применения специальных преобразователей частоты. Из-за сложности и достаточно высокой стоимости таких преобразователей асинхронные двигатели не нашли в настоящее время широкого применения в конструкциях ПР [3].

Использование для регулирования частоты вращения АД изменения уровня питающего напряжения нецелесообразно, так как его снижение значительно уменьшает момент. Поэтому для согласования частоты вращения АД и рабочего механизма их соединяют через редуктор. Если возникает необходимость в регулировании частоты вращения рабочего механизма, то используют коробку скоростей.

Для плавного изменения частоты вращения рабочего механизма можно использовать электродвигатели постоянного тока. Такие двигатели специального изготовления (с плоским и гладким ротором, с постоянными магнитами и др.) применяют в конструкциях ПР. Для их питания устанавливают транзисторные и тиристорные преобразователи [3].

В устройствах, используемых в вагонном хозяйстве, регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока осуществляется с помощью резисторов, вводимых в цепи якорной обмотки и обмотки возбуждения. Достаточно подробно с такими схемами студенты знакомятся, изучая энергетическое оборудование вагонов, поэтому здесь они не рассматриваются.

В исполнительных устройствах автоматов достаточно часто используется электромагнитный привод, выполненный на базе электромагнита постоянного тока. Схема такого привода приведена на рисунке 5.5.

При подаче напряжения к катушке 1 якорь 2 под воздействием магнитного поля втягивается внутрь сердечника 3, преодолевая сопротивление пружины 4. Развиваемое на конце рычага 5 усилие F используется для совершения полезной работы.

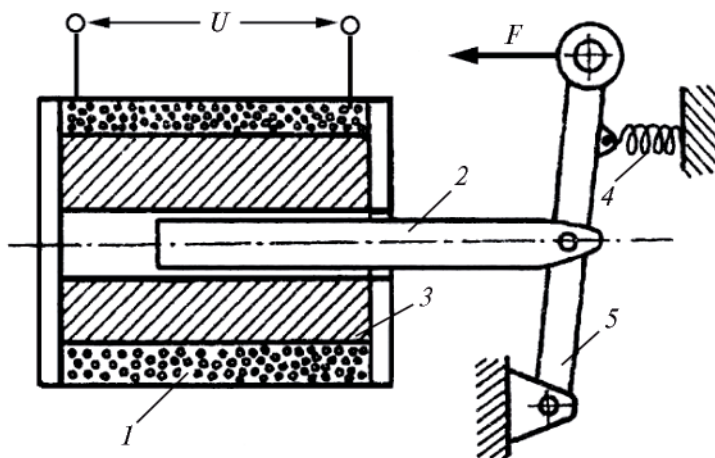


Рисунок 5.5 — Электромагнитный привод

Широкое применение механизмов с электроприводами на производстве объясняется и наличием на каждом предприятии развитой электросети. Кроме того, следует учитывать и то, что электропривод обладает более высоким КПД (до 90%) по сравнению с пневмо- и гидроприводами. К тому же электросети обладают меньшими потерями энергии при передаче и характеризуются высокой скоростью передачи сигнала управления (300000 км/с). Последнее свойство делает предпочтительным использование электрических схем управления для пневмо- и гидроприводов. Логические схемы управления, выполненные на базе электронных устройств, имеют наименьшие размеры. Как правило, не вызывает особых трудностей и монтаж элект-

роустройств. Однако их эксплуатация требует разработки и неукоснительного выполнения специальных мер безопасности, исключающих возможность поражения током обслуживающего персонала. Электроприводы чувствительны к перегрузкам и выходят из строя при длительном их воздействии, поэтому для их защиты применяют специальные устройства. В пожаро- и взрывоопасных помещениях применяют электроустройства специального исполнения, что повышает в 2÷3 раза стоимость таких устройств. На них могут оказывать влияние пыль, влага, магнитные поля. Необходимость накопления электроэнергии обеспечивается установкой громоздких аккумуляторов. Концентрирующее излучение отрицательно влияет на все виды приводов. В пневмо- и гидроустройствах оно разрушает входящие в состав механизмов резинотехнические изделия, в электроустройствах под его влиянием нарушаются свойства изоляции. Более подробно со свойствами различных приводов можно познакомиться в специальной литературе [13÷17].

5.2 ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ И КОМПОНОВКА СИЛОВЫХ СХЕМ

Устройство автоматов и автоматических линий определяется характером технологических процессов и зависят от условий их работы, требуемых уровней производительности и надежности. Любой автомат состоит из технологической машины (установки), выполняющей заданную операцию, загрузочного и зажимного устройств, разгрузочного устройства и системы автоматического управления, которая синхронизирует действия всех его составных частей. В линии отдельные автоматы связаны транспортными устройствами.

При проектировании автоматов или автоматических линий необходимо выбрать или разработать все вышеназванные механизмы и скомпоновать их в единую конструкцию. Разработка конструктивной схемы автомата требует от конструктора выбора направления геометрической оси, определения принципа действия, компоновки всех узлов, проработки кинематических, гидравлических, пневматических и других систем.

Геометрической осью автомата называют ось, по отношению к которой координируют и компонуют все узлы. Геометрическая ось может быть вертикальной, горизонтальной и наклонной.

Компоновочная схема определяет пространственное расположение всех узлов автомата относительно геометрической оси и строится с учетом размещения загрузочных устройств (накопителей, питателей, отсекаателей), разгрузочных механизмов, самой технологической машины, отведенных площадей, их форм и схем взаимодействия с другими участками. На основе компоновочной схемы строится конструктивная схема, которая объединяет между собой основные и вспомогательные механизмы, управляющие, исполнительные и распределительные элементы.

Выбор конструктивной схемы установки, разрабатываемой в проекте (курсовом или дипломном), рекомендуем начать с анализа выполняемых ею операций и оценки условий работы. Далее полезно изучить прототипы, которыми могут стать установки аналогичного назначения, реализуемые на соседних предприятиях или описанные в технической литературе.

На основании проведенного анализа разрабатывается структурная кинематическая схема установки, автоматизируемой в курсовом проекте. В соответствии с требованиями ГОСТ [20] структурная схема должна отражать назначение и взаимосвязь основных функциональных частей изделия. На ней допускается изображать отдельные части в виде прямоугольников или условных графических обозначений.

Изучение требований ГОСТ и рекомендуемых источников позволит студенту самостоятельно составить структурную кинематическую и другие необходимые схемы разрабатываемой установки, используя изученные базовые варианты.

Разработанные схемы установки вычерчиваются на отдельном листе. В тексте пояснительной записки делается краткое описание ее работы с указанием последовательности выполняемых операций и характером взаимодействия всех составных частей. Сведения, приводимые в описании, должны быть достаточными для составления алгоритма функционирования и схем управления, обеспечивающих его реализацию.

Если при дальнейшей разработке схемы управления предполагается использование смешанного типа управления или управления в функции пути, то на схеме установки необходимо указать места расположения датчиков, контролирующей работу механизмов, положение обрабатываемого изделия или ход технологического процесса. В описании работы установки следует отметить назначение каждого из датчиков и порядок их срабатывания при автоматическом и ручном режимах работы, а также предусмотреть установку датчиков, выполняющих защитные функции (предельные датчики). К таким функциям можно отнести ограничение пространственного перемещения как определенных частей самой установки, так и обрабатываемых изделий, ограничение температуры нагрева, уровня, давления и пр.

Значительное количество конструкций механизмов и установок различного назначения, используемых в вагоноремонтном производстве, описано в учебной [1÷7] и специальной технической [2; 5] литературе. Рассмотрим конструктивные особенности, схемы и принципы работы тех из них, которые могут послужить базой для выполнения задания курсового проектирования.

Транспортные устройства занимают одно из центральных мест в вагоноремонтном производстве. К ним относятся конвейеры непрерывного и периодического действия, подъемники, транспортные тележки. Конвейеры являются одним из основных элементов поточных линий, обеспечивая передачу изделий по ремонтным позициям, а также входят в состав отдельных автоматизированных установок по очистке, обмывке или окраске подвижного состава и отдельных его частей.

На рисунке 5.6 приведена упрощенная конструктивная схема конвейера пульсирующего действия, предназначенного для перемещения тележек по ремонтным позициям. Все тележки, находящиеся на конвейере, перемещаются одновременно под воздействием толкателей 1, связанных с тросом 2. При обратном движении конвейера все толкатели одновременно опускаются с помощью специального пружинного механизма (на рисунке не показан). Тяговое усилие обеспечивается электродвигателем б,

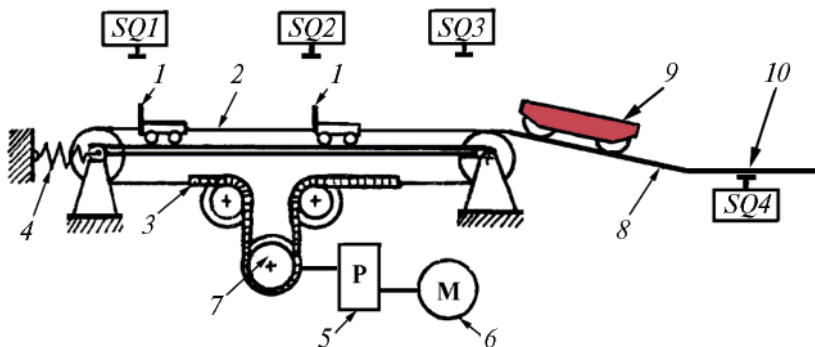


Рисунок 5.6 — Упрощенная конструктивная схема конвейера для перемещения тележек

который через редуктор 5 и зубчатое колесо 7 воздействует на цепь 3, связанную с тросом 2. Для натяжения тросов предусмотрена натяжная станция 4. Фиксация перемещения конвейера осуществляется с помощью путевых выключателей $SQ1-SQ3$, расположенных на каждой позиции ремонтного пути. Необходимость контроля путевыми датчиками на каждой позиции продиктована тем, что перемещение изделий должно обеспечиваться при занятости любой из ремонтных позиций. С последней позиции тележка 9 скатывается по наклонному пути 8 на приемную позицию 10, контролируруемую датчиком $SQ4$. Нахождение тележки на этой позиции исключает возможность перемещения конвейера при занятой последней позиции. Рекомендуемая скорость перемещения тележек — 4 м/мин.

В пульсирующем режиме работает и шагающий конвейер, передающий корпуса буск в моечную камеру. Одна из возможных конструктивных схем его исполнения показана на рисунке 5.7. Стол конвейера, на котором находятся перемещаемые изделия 5, состоит из двух рам — неподвижной 4 и подвижной 3. Подвижная рама с помощью пневмоцилиндров 2 может быть поднята так, что все детали 5, располагавшиеся на неподвижной части стола 4, оказываются поднятыми над нею. После этого с помощью пневмоцилиндра 1 подвижная рама стола по роликам 6 перемещается вместе с деталями на один шаг L . В конце горизонтального перемещения подвижная рама опускается и детали

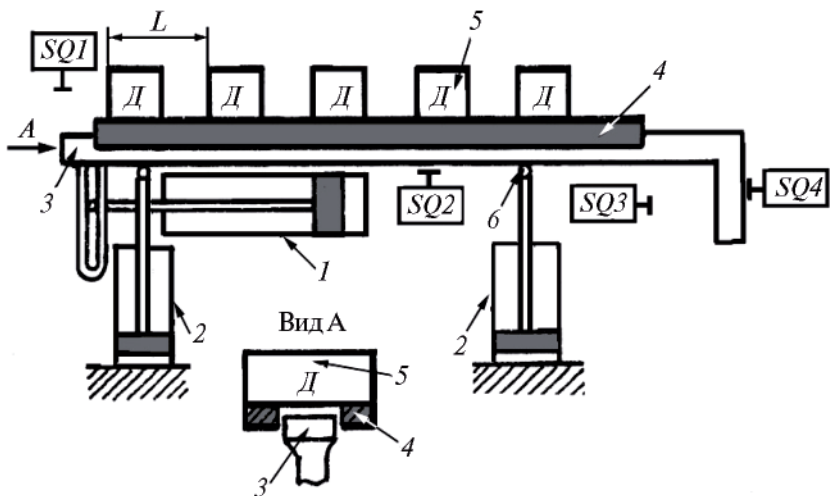


Рисунок 5.7 — Конструктивная схема шагового конвейера

снова оказываются на неподвижной раме, на при этом каждая из них смещается на один шаг. Крайняя деталь \mathcal{D} переносится на стол приемника (на рисунке 5.7 не показан).

Крайние положения (верхнее, нижнее, левое, правое) подвижной рамы стола фиксируются с помощью путевых датчиков $SQ1$, $SQ2$, $SQ3$ и $SQ4$. Их назначение — координация согласованной работы цилиндров горизонтального и вертикального перемещения.

Рассмотренные схемы конвейеров обеспечивают возвратно-поступательное движение рабочих органов. Однако в практике находят применение и конвейеры, обеспечивающие пульсирующее однонаправленное перемещение.

Представление о конструкции такого конвейера может дать схема, приведенная на рисунке 5.8. Рабочим органом служит лента I , перемещающаяся внутри жесткой рамы 2 по опорным роликам 3 . Движение ленты обеспечивает электродвигатель 4 , приводящий во вращение тяговый барабан 10 через муфту 5 и редуктор 6 . Для натяжения ленты служит устройство 8 . Изделие 9 , поставленное на начальную позицию конвейера, вызывает срабатывание датчика $SQ1$ и включение электродвигателя 4 .

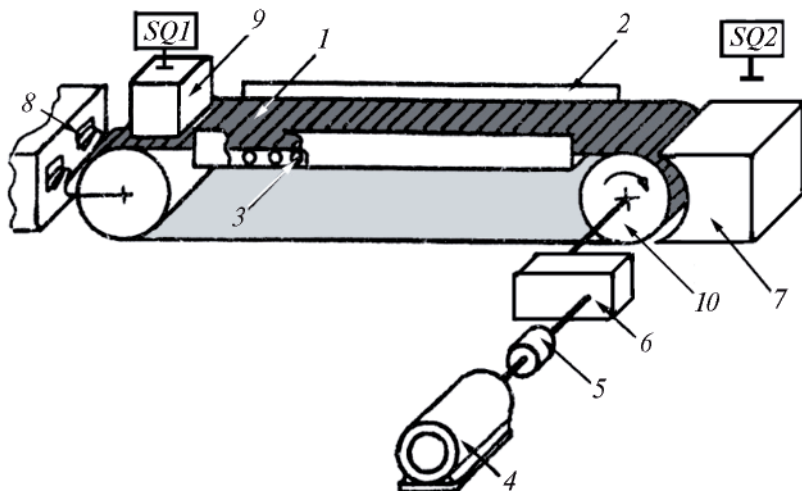


Рисунок 5.8 — Конструктивная схема ленточного конвейера

После попадания изделия на приемный стол 7 срабатывает датчик SQ2, отключая двигатель и останавливая движение ленты.

Управление приводами, рассмотренных на рисунках 5.6 и 5.8 транспортных устройств, сводится к пуску, остановке и реверсированию. Скорость перемещения при этом не регулируется и в установившемся режиме остается постоянной.

Загрузочные устройства состоят из накопителя, питателя и отсекателя.

В накопителях детали хранятся в один ряд (накопитель магазинного типа), в несколько рядов (накопитель штабельного типа) и навалом (накопитель бункерного типа). При автоматизации процессов чаще всего применяются накопители магазинного типа. Питатель служит для подачи детали из накопителя в технологическую машину, а отсекаТЕЛЬ отделяет эту деталь от остального потока.

На рисунке 5.9 приведена конструктивная схема загрузочного устройства для колесных пар. Устройство действует следующим образом. При подаче напряжения к электромагниту У золотниковый распределитель золотник смещается влево (см. рисунок 5.9, б) и соединяет магистраль 5 сжатого воздуха с ра-

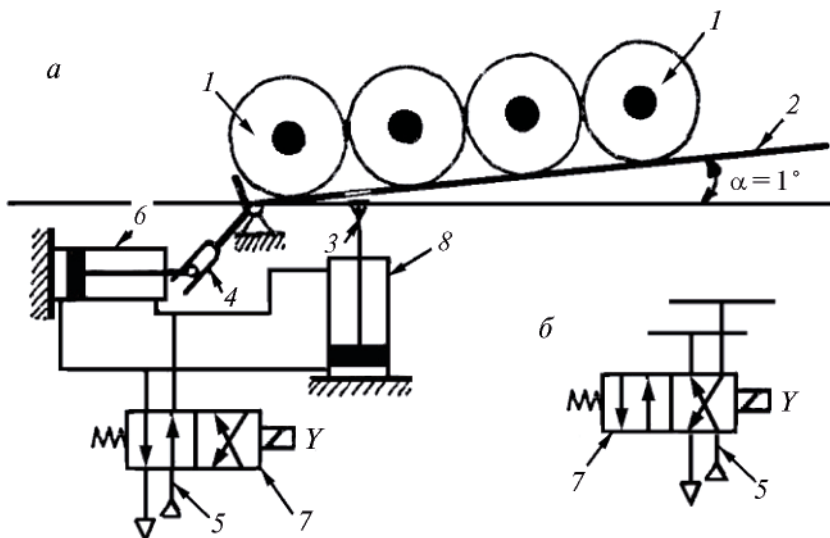


Рисунок 5.9 — Конструктивная схема загрузочного устройства для подачи колесных пар:

a — положение распределителя при невозбужденном электромагните *Y* золотникового клапана; *б* — при возбужденном (после подачи питания к катушке)

бочими (бесштоковыми) полостями цилиндров *б* и *8*. Поршень горизонтального цилиндра *б* перемещается, поворачивая фиксатор *4*. Одновременно поднимается шток вертикального цилиндра *8*, поднимая питатель—отсекатель *3*. Освободившаяся первая колесная пара *1* скатывается по наклонной плоскости на рабочую позицию (к технологической машине). Остальные колесные пары отсекаются поднявшимся штоком *3*. После снятия (отключения) напряжения с электромагнита золотник под действием возвратной пружины возвращается в исходное (показанное на рисунке 5.9, *a*) положение. Рабочие полости цилиндров сообщаются с атмосферой, а в нерабочие (штоковые) подается из магистрали сжатый воздух. Система возвращается в исходное положение. При этом очередная колесная пара занимает исходную позицию.

К устройствам этого типа можно отнести и тормозное устройство для перемещения тележек, показанное на рисунке 5.10.

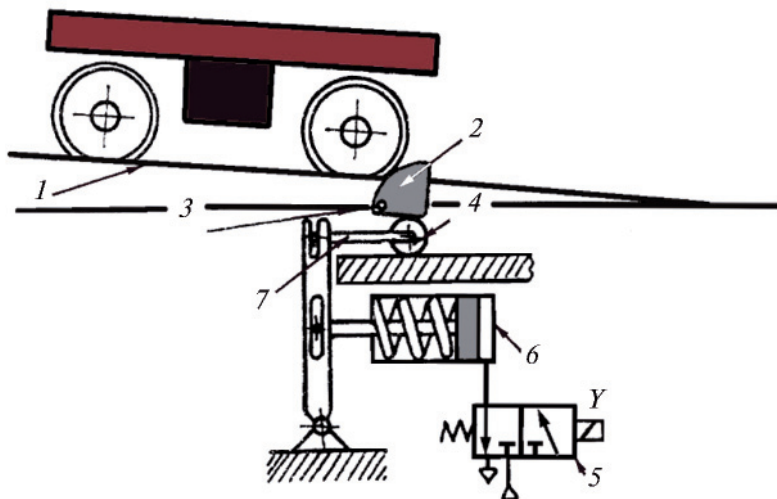


Рисунок 5.10 — Устройство для выкатки тележек

Тележка с последней позиции тягового конвейера, показанного на рисунке 5.6, подается на наклонный путь 1 и удерживается на нем с помощью откидного башмака 2, поворот которого вокруг оси 3 блокируется роликом 4. После подачи напряжения на электромагнит Y золотниковый клапан 5 воздух подается в рабочую часть пневмоцилиндра 6. Тягой 7 ролик убирается из под башмака, последний под воздействием массы тележки поворачивается, и тележка скатывается на следующую позицию.

Более подробно с различными конструкциями загрузочных устройств можно познакомиться по учебной и технической литературе, упоминавшейся ранее. Следует отметить, что в качестве загрузочных устройств могут быть использованы и промышленные роботы (ПР). При этом они могут выполнять функции разгрузочного устройства, а также транспортировать изделие на некоторое расстояние.

Зажимные устройства предназначены для закрепления деталей в строго определенном положении. С этой целью в зажимных устройствах применяются пневматические, электромагнитные и электрогидравлические приводы. Конструктивная

схема простейшего зажимного устройства с пневмоприводом показана на рисунке 5.11.

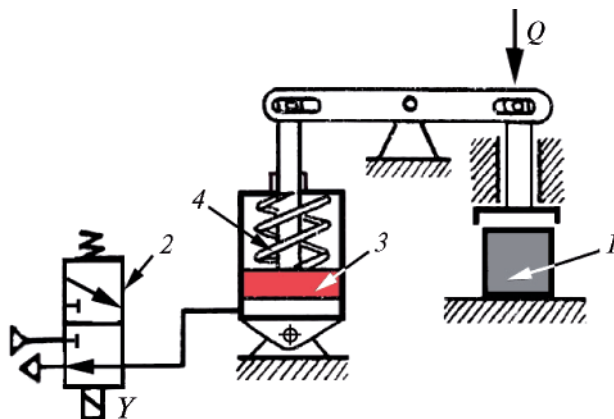


Рисунок 5.11 — Зажимное устройство с пневмоприводом

Прижимное усилие Q , действующее на фиксируемую деталь 1, развивается при подаче питания на электромагнит Y золотникового клапана 2. В этом случае воздух из магистрали подается в нижнюю часть цилиндра 3, поршень поднимается вверх, развивая необходимое усилие. После снятия напряжения с электромагнита клапан возвращается в исходное (показанное на рисунке 5.11) положение и под воздействием возвратной пружины 4 поршень опускается, освобождая деталь от зажима. В качестве зажимного устройства можно использовать электромагнитный привод (см. рисунок 5.5), гидропривод (см. рисунок 5.3) и т.д.

Подъемно-поворотные устройства служат для изменения ориентации деталей в процессе их обработки. К таким устройствам относятся: поворотные столы и круги, кантователи. Конструкции последних, как правило, совмещают в себе зажимные устройства и устройства поворота. В вагоноремонтном производстве для изменения ориентации колесных пар и тележек применяют поворотные круги, для крышек разгрузочных люков полувагонов, рам и балок тележек — кантователи. Для этих же целей можно использовать и манипуляторы.

Поворотный круг, конструктивная схема которого показана на рисунке 5.12, служит для передачи колесных пар или тележек на взаимно перпендикулярный путь. Колесная пара 1 помещается на рельсовый путь 2 поворотного стола 3. После этого включается электродвигатель 6 и через редуктор *P* и червячную передачу 5 обеспечивает поворот стола вместе с колесной парой. Затем подъемник 4 поворачивает (наклоняет) стол вокруг оси 7, и колесная пара (или тележка) скатывается на поперечный путь 8. После этого круг опускается, а стол возвращается в исходное положение. В автоматическом режиме работы за выполнением каждой отдельной фазы движения, а также за наличием колесной пары на столе и за ее скатыванием после поворота следят путевые датчики, расположение которых на рисунке не показано.

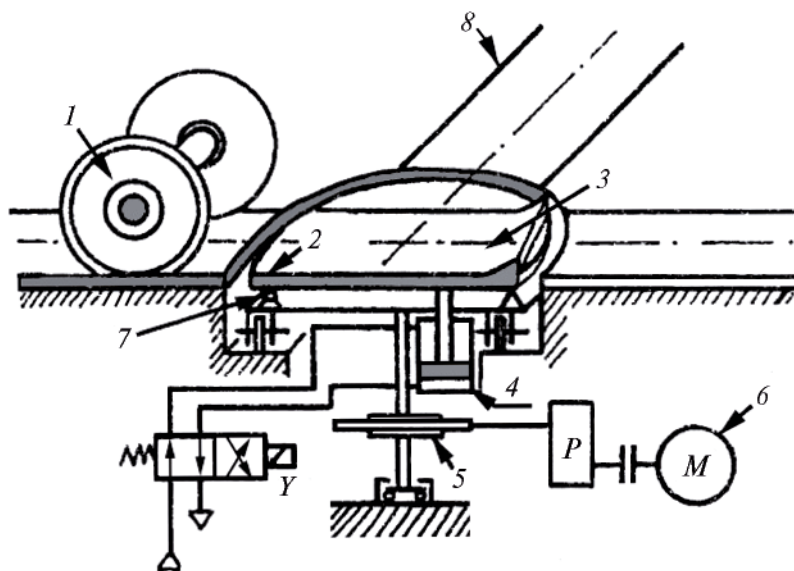


Рисунок 5.12 — Конструктивная схема поворотного круга

Таким образом, рассмотрены лишь отдельные примеры конструктивного выполнения различных механизмов, используемых в вагоноремонтном производстве. Более подробно сведения о конструкциях аналогичного назначения студенты могут

получить, изучая техническую литературу и конкретные конструкции, используемые на производстве по месту работы или на соседних предприятиях.

Отметим, что в большинстве рассматриваемых установок используются механизмы, обеспечивающие поступательное или вращательное движение рабочих органов. Такие виды движения, как показано выше, легко реализуются применением любого из ранее названных приводов (электро-, гидро-, пневмо-).

Напомним, что в случае применения электропривода при решении задач курсового и дипломного проектирования составляются и силовые схемы питания исполнительных элементов (электродвигателей, электромагнитов, магнитных усилителей и т.д.) с указанием силовых коммуникационных аппаратов с дистанционным управлением (магнитные пускатели, контакторы), а также элементами защиты от токов короткого замыкания и перегрузки (предохранители, автоматические выключатели, тепловые реле и пр.).

Для примера на рисунке 5.13, *а, б, в* приведены силовые схемы включения нереверсируемого и реверсируемого трехфазных асинхронных двигателей *М1* и *М2*, а также схема питания нагревательного элемента *Р*.

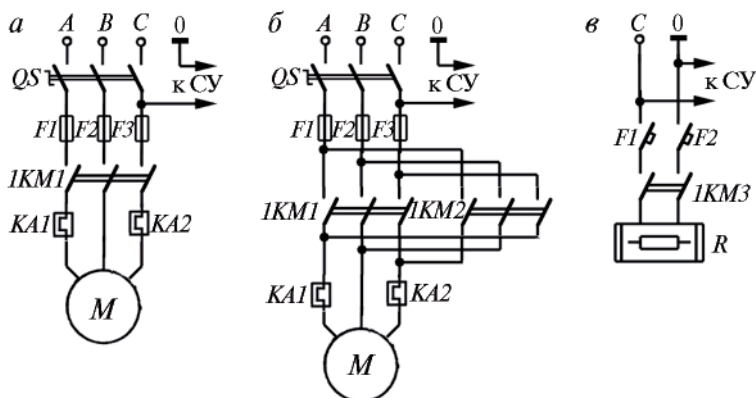


Рисунок 5.13 — Силовые схемы включения потребителей электроэнергии:

а — нереверсируемого асинхронного электродвигателя; *б* — реверсируемого асинхронного электродвигателя; *в* — нагревательного элемента

Каждый двигатель получает питание от фаз *A, B, C*, трехфазной сети с напряжением 380/220 В через контакты рубильника *QS* с ручным приводом, плавкие вставки предохранителей *F1÷F3* и контакты магнитного пускателя *IKM1* (или контакты *IKM2* в схеме с реверсированием). Для защиты каждого двигателя от перегрузок в две его фазы включены воспринимающие элементы электротепловых реле *KA1* и *KA2*.

Нагревательный элемент получает питание от фазы *C*, будучи включенным через контакты автоматических выключателей *F1, F2* и контакты *IKM3* магнитного пускателя между этой фазой и землей *0*. Для равномерной загрузки всех фаз питающей сети нагревательные элементы, как правило, подключают по схеме «звезда» или «треугольник» ко всем трем фазам питающей сети.

Если же при проектировании будет отдано предпочтение гидро- или пневмоприводу, то необходимо привести соответствующие схемы исполнительных устройств (цилиндров, двигателей и пр.), показав на них источники питания (компрессоры, насосы, трубопроводы и т.д.), все аппараты распределения и защиты (предохранительные клапаны, регуляторы давления, дроссели и т.д.). Более подробно с правилами составления силовых схем и схем управления студенты могут познакомиться, изучив подраздел 5.5 настоящих указаний.

5.3 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВодОВ

Основная цель таких расчетов — сформулировать требования к исполнительным элементам схемы управления. Для этого, применительно к электрическим цепям необходимо определить мощность рабочего механизма, необходимую для выполнения требуемого объема работы, рассчитать параметры приводного двигателя, выбрать его и определить потребляемые им из сети токи.

Независимо от выбранного вида привода начинать расчет следует с определения мощности рабочего механизма, необходимой для выполнения заданной операции. Такой операцией может быть создание требуемого давления жидкости или газа,

вращение изделия с заданной частотой, поворот его на требуемый угол с заданной скоростью, пространственное перемещение объекта с заданной скоростью и т.д.

Ниже приводятся формулы для расчета мощности механизмов, наиболее часто используемых в вагоноремонтном производстве.

Мощность насоса (кВт) может быть определена на основании уравнения [29].

$$N_{\text{н}} = \frac{k \cdot Q_{\text{н}} \cdot \gamma \cdot (H + \Delta H)}{\eta_{\text{н}}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.1)$$

где k — коэффициент запаса ($k = 1,1 \div 1,4$);

$Q_{\text{н}}$ — производительность насоса, м³/с;

γ — удельный вес перекачиваемой жидкости, Н/м³;

H — напор, м;

ΔH — падение напора в элементах магистрали, м;

$\eta_{\text{н}}$ — КПД насоса (для поршневых — $0,7 \div 0,93$; для центробежных с давлением свыше 40 м — $0,6 \div 0,75$, с давлением менее 40 м — $0,3 \div 0,8$).

Падение напора в элементах магистрали складывается из соответствующих потерь в трубах, коленах, заслонках, вентилях. Наибольшая доля потерь напора приходится на трубы и может быть определена [16] по уравнению

$$\Delta H = \frac{\alpha \cdot l \cdot v^{1,75}}{d^{1,25}}, \quad (5.2)$$

где α — коэффициент, равный 0,00074 для новых чугунных труб и 0,00092 для труб из того же материала, но бывших в употреблении;

l — длина магистрали, м;

v — скорость воды, м/с;

d — диаметр труб, м.

Мощность вентилятора (кВт) может быть определена на основании уравнения [18]

$$N_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}} \cdot h}{\eta_{\text{в}}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.3)$$

где $Q_{\text{в}}$ — производительность вентилятора, м³/с;
 h — напор вентилятора, Н/м²;
 $\eta_{\text{в}}$ — КПД вентилятора (для осевых вентиляторов — 0,5÷0,85,
 для центробежных — 0,4÷0,7).

Мощность подъемных и транспортных механизмов (кВт)

$$N_{\text{п}} = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta_{\text{м}}}, \quad (5.4)$$

где F — развиваемое усилие, Н;
 v — скорость перемещения, м/с;
 $\eta_{\text{м}}$ — КПД механизма.

Для тягового конвейера

$$F = k_{\text{т}} \cdot n_{\text{в}} \cdot T_{\text{в}}, \quad (5.5)$$

где $k_{\text{т}}$ — тяговое усилие приходящееся на тонну тары вагона
 ($k_{\text{т}} = 250 \div 300$ Н/т);
 $n_{\text{в}}$ — количество одновременно перемещаемых вагонов;
 $T_{\text{в}}$ — тара вагона, т.

Для механизма подъема

$$F = (Q + Q_0)q, \quad (5.6)$$

где Q — масса поднимаемого груза, кг;
 Q_0 — масса захватного приспособления, кг;
 q — ускорение свободного падения ($q = 9,8$ м/с²).

При необходимости требуемое уравнение для расчета мощности рабочего механизма может быть найдено в учебной [1, 2, 6] и технической [34÷40] литературе.

Дальнейший ход расчетов зависит от вида привода, выбранного для каждого механизма.

Для выбора электропривода необходимо:

— подобрать подходящий по мощности тип электродвигателя с учетом условий работы (необходимость регулирования частоты вращения, род тока, уровень напряжения и частота тока в питающей сети и пр.);

— определить мощность и ток, потребляемые электродвигателем из сети.

Мощность P_3 (на валу) приводного электродвигателя для механизмов с длительным режимом работы можно определить по уравнению

$$P_3 = k_3 \frac{N_{\text{мех}}}{\eta_{\text{п}}}, \quad (5.7)$$

где $N_{\text{мех}}$ — мощность механизма ($N_{\text{н}}$, $N_{\text{в}}$, $N_{\text{п}}$), приводимого в работу электродвигателем, кВт;

$\eta_{\text{п}}$ — КПД передачи (для одноступенчатого редуктора — 0,8 ÷ 0,95, двухступенчатого — 0,75, трехступенчатого — 0,65 — 0,75);

k_3 — коэффициент запаса.

Коэффициент запаса (на случай перегрузок) можно принять $k_3 = 1,5$ при $N_{\text{мех}} \leq 2$ кВт, $k_3 = 1,25$ при $2,5$ кВт < $N_{\text{мех}} < 5$ кВт и $k_3 = 1,1 \div 1,05$ при $N_{\text{мех}} \geq 5$ кВт.

Выбор мощности приводных электродвигателей для подъемных и транспортных механизмов, работающих в повторно-кратковременных или кратковременных режимах, осуществляется специальными методами, подробно изложенными в справочной литературе [34].

Найденное по уравнению (5.7) значение мощности служит основанием для выбора по справочной литературе [36] соответствующего или ближайшего по мощности электродвигателя с учетом требуемого рода тока и уровня питающего напряжения. Данные для отдельных двигателей переменного и постоянного тока могут быть заимствованы из таблиц 4 и 5 приложения.

Наиболее широко для приводов производственных механизмов используются трехфазные асинхронные электродвигатели с номинальным напряжением питания 380/220 В (50 Гц). Для

определения тока I_{ϕ} , А, потребляемого каждой фазой такого двигателя из сети, можно воспользоваться уравнением

$$I_{\phi} = \frac{P_{\phi}}{\eta_{\phi} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi} \cdot 10^3, \quad (5.8)$$

где P_{ϕ} — мощность на валу электродвигателя, кВт;

η_{ϕ} — КПД электродвигателя;

U_{ϕ} — линейное напряжение питающей сети, В.

Если для привода механизма требуется электродвигатель, обеспечивающий плавное изменение частоты вращения, то предпочтительнее взять двигатель постоянного тока. Ток I_{π} , А, потребляемый из сети таким двигателем, определяется как

$$I_{\pi} = \frac{P_{\pi}}{U_{\pi} \cdot \eta_{\pi}} \cdot 10^3, \quad (5.9)$$

где U_{π} — номинальное напряжение сети, В.

Все составляющие, входящие в уравнение (5.8) и (5.9), приводятся в паспортных данных двигателей.

Найденное значение тока позволит выбрать необходимую коммутационную аппаратуру (магнитные пускатели, контакторы), с помощью которой схема управления сможет обеспечить включение и выключение (коммутацию) электродвигателя в процессе автоматической работы установки. Кроме того, при выборе аппаратов коммутации необходимо учитывать наряду с количеством фаз, родом тока и уровнем напряжения питающей сети и требуемое количество основных и вспомогательных (блокировочных) контактов. Количество силовых контактов определяется на основе силовой схемы питания электродвигателей, нагревательных элементов и других электротехнических устройств, входящих в состав установки. Количество же блокировочных (вспомогательных) контактов каждого коммутационного аппарата может быть определено лишь после окончательной разработки силовой схемы питания электроприводов и схемы автоматического управления работой установки.

Если предпочтение отдано пневмо– или гидроприводу, то следует учитывать, что в вагоноремонтном производстве использование энергии сжатых жидкостей или газов базируется, как правило, на применении пневмо-и гидроцилиндров, обеспечивающих поступательное движение. Поэтому рассмотрим лишь рекомендации по расчету этого вида привода и выбору для него распределительной и контрольно-регулирующей аппаратуры, обеспечивающей заданные режимы работы. Например, к распределительной гидроаппаратуре относятся золотниковые клапаны, которые могут быть с ручным и дистанционным (электромагнитным, электрогидравлическим и гидравлическим) управлением. Для реализации проектного задания рекомендуем применять аппараты с электромагнитным управлением, наиболее подходящие для дистанционного включения и отключения.

При разработке задания можно рекомендовать следующий порядок расчета, который рассмотрим на примере гидропривода.

1. Провести анализ технологического процесса, в выполнении которого участвуют рассматриваемый гидро- или пневмоцилиндр, установив:

- величину усилия P или F (см. рисунки 5.1 и 5.3), которое должно быть реализовано на штоке, Н;
- полное перемещение L штока, м;
- время t , необходимое для полного перемещения штока, с;
- допустимые по условиям компоновки габаритные размеры цилиндра.

2. Составить аксонометрическую (или принципиальную) схему всего гидро- или пневмопривода с указанием длин участков трубопроводов.

3. Выбрать оптимальное значение давления p рабочего тела (жидкости или газа).

4. Рассчитать и выбрать по каталогу типоразмер цилиндра.

5. Определить параметры насосной установки.

6. Определить параметры и выбрать вспомогательные устройства (предохранительные и обратные клапаны, фильтры и др.).

Необходимые данные для п.1 рекомендуемой последовательности расчета определяются конкретными условиями работы и назначением механизмов проектируемой установки. При курсовом проектировании они могут быть выбраны на основе литературных данных об устройствах аналогичного назначения. При дипломном проектировании необходимо учитывать требования конкретного производства, для которого разрабатывается установка.

Составление (разработка) принципиальной схемы гидро- или пневмопривода является ответственным этапом курсового проекта. Схема должна обеспечивать требуемый алгоритм работы установки, необходимые силовые характеристики, скорости перемещения (или поворота), а также другие показатели, определяемые технологическим процессом. Она же является основанием для последующего расчета силовых элементов привода (цилиндров, двигателей) и выбора регулирующей и прочей аппаратуры. Конкретные рекомендации по составлению схем даны в следующем разделе.

При выборе рабочего давления следует помнить, что пневмоприводы, как правило, рассчитаны на рабочее давление 0,63 и 1 МПа (6,3 и 10 кгс/см²).

При заниженном давлении рабочей жидкости в гидроприводе увеличиваются его геометрические размеры. Привод становится громоздким, увеличивается расход жидкости, требуются насосы большей производительности, увеличивается диаметр трубопровода. Увеличение рабочего давления позволяет разработать компактный привод, но повышаются требования к качеству изготовления его элементов и их прочности.

Для гидроприводов, развивающих на штоке усилие до 1 тс (10⁴ Н), можно принимать $p = 5 \text{ МПа} = 50 \text{ кгс/см}^2 = 50 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. При дальнейшем увеличении усилия до 10 тс следует увеличивать рабочее давление из расчета 1,0 МПа на каждую тонну. Таким образом, при усилении на штоке 10 тс давление должно быть выбрано 14,0 МПа. При усилиях свыше 10 тс $p = 16,0 \div 20,0 \text{ МПа}$.

Теоретическая сила (в Н), развиваемая гидроприводом при выталкивании штока и необходимая для создания полезного усилия, равна

$$T_{\tau} = pF_1 - p_c F_2, \quad (5.10)$$

где p — рабочее давление, Па (Н/м^2);

$F_1 = 0,785 D^2$ — площадь поршня в бесштоковой зоне, м^2 ;

p_c — давление в сливной полости, $p_c = (1,5 \div 2) 10^5$ Па;

$F_2 = 0,785 (D^2 - d^2)$ — площадь поршня в штоковой зоне, м^2 .

Соотношение между диаметрами штока и поршня принимают $d/D \approx 0,2 \div 0,4$, хотя в отдельных случаях оно может быть заметно больше (до 0,7).

Внутренний диаметр цилиндра выбирается равным одному из значений ряда, определенного ГОСТ. В ряд этих значений входят: 45, 50, 65, 75, 90, 105, (120), 150, (165), 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400 и 500 мм.

Фактическая сила, развиваемая цилиндром,

$$T = T_{\tau} \eta_{\text{мех}}, \quad (5.11)$$

где $\eta_{\text{мех}} = 0,85 \div 0,95$ — механический КПД, учитывающий потери на трение поршня и штока в уплотнениях.

Необходимый теоретических расход жидкости на перемещение штока со скоростью v равен

$$Q_{\tau} = k \cdot v \cdot D^2, \quad (5.12)$$

при подаче в бесштоковую полость и

$$Q_{\tau} = k \cdot (D^2 - d^2), \quad (5.13)$$

при подаче в штоковую полость.

В уравнениях (5.12) и (5.13) $k = 0,785$, если размерность D и d — [м], а v — [м/с]. При этом расход Q имеет размерность [м³/с].

Фактический расход жидкости на перемещение равен

$$Q = Q_{\tau} \eta_{\text{об}}, \quad (5.14)$$

где $\eta_{\text{об}}$ — объемный КПД цилиндра, учитывающий возможные утечки в зазорах поршней и плунжеров.

Для манжетных уплотнений или резиновых колец $\eta_{об} = 1$, для уплотнений металлическими кольцами $\eta_{об} = 0,98 \div 0,99$.

Средняя скорость $V_{тр}$ течения рабочей жидкости в трубопроводе в зависимости от расхода Q и диаметра $d_{тр}$ трубопровода определяется уравнением

$$V_{тр} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{тр}^2}. \quad (5.15)$$

Наибольшую скорость потока обычно ограничивают для уменьшения потерь напора. Ориентировочные значения наибольших скоростей потока, принимаемые в практике конструирования гидроприводов, приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Рекомендуемые расчетные значения скоростей потока жидкости в трубопроводах гидроприводов

Магистраль	$V_{тр}$, м/с (не более)
Всасывающая	1,2
Сливная	2,0
Нагнетающая при давлении, МПа:	
до 2,5	3,0
до 5,0	4,0
до 10,0	5,0
свыше 15,0	3,0–10,0

При уточнении всех размеров проводят проверку соответствия выбранного диаметра штока условиям его прочности в наиболее опасном сечении

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{T}{[\sigma_p]}}, \quad (5.16)$$

где $[\sigma_p]$ — допустимое напряжение материала штока на разрыв ($1100 \cdot 10^5 \div 1200 \cdot 10^5$ Н/м²).

При расчете любого привода необходимо наряду с конструктивными параметрами определить такие показатели, как развиваемое полезное усилие — P или F ; рабочий ход — L ; время — t

и скорость — V перемещения исполнительного механизма. Дополнительно следует определить мощность электродвигателя, приводящего в работу гидронасос или компрессор, подающий рабочую среду (жидкость или воздух) к гидроцилиндрам и пневмоцилиндрам силовых исполнительных механизмов. Необходимые для расчета уравнения были приведены выше. Более подробные сведения по методике расчета пневмо- и гидроприводов можно найти в литературе [13÷17].

5.4 СОСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Под алгоритмом функционирования понимают совокупность предписаний, соблюдение которых обеспечивает правильное выполнение технологического процесса при работе отдельных устройств или их совокупности.

Четкое определение характера действий, выполняемых разрабатываемой установкой, последовательности их протекания, взаимосвязей, а также параметров, определяющих начало и конец каждой операции, и является конечной целью составления алгоритма функционирования.

При выполнении этой части проекта необходимо определить:

- перечень и последовательность протекания операций, выполняемых при работе установки;
- факторы (пространственные, временные, режимные), определяющие начало и конец каждой операции;
- операции, одновременное протекание которых недопустимо;
- допустимое состояние установки при аварийном отключении (самой установки или источников питания);
- порядок ввода установки в работу после устранения последствий, вызвавших аварийное отключение;
- ограничения, накладываемые на работу установки требованиями мер безопасности для обслуживающего персонала.

Перечень и последовательность операций могут быть даны в виде (текстового) описания или графического изображения (циклограмма, алгоритм). Здесь же следует указать и факторы,

определяющие начало и конец каждой операции. Если в дальнейшем при составлении схемы управления будет отдано предпочтение управлению «в функции пути», то необходимо указать датчики (под их условными номерами), следящие за ходом каждой операции или процесса. Как правило, за линейными перемещениями отдельных элементов установки или обрабатываемых ею изделий следят путевые датчики. Изменение температуры контролируют термодатчики и т.д. Условные обозначения каждого вида датчиков и области их применения приводятся в методической литературе и учебниках, ссылки на которые были даны ранее. Кроме того, с их конструктивным исполнением и схемами включения студенты знакомятся на лекциях и при выполнении лабораторных работ.

При реализации управления «в функции времени» необходимо привести временную диаграмму, отражающую продолжительность каждой операции, а также очередность их протекания. С порядком составления таких диаграмм студенты также знакомятся на лекциях и в процессе выполнения лабораторных работ.

Наиболее часто реализуется «смешанный» принцип управления, объединяющий в себе достоинства обоих вышеназванных принципов. Отсчет необходимых временных интервалов ведется в этом случае, как правило, с помощью отдельных реле времени. Приводить в этом случае временную диаграмму нет необходимости. Следует лишь отметить факторы, влияющие на выбор временного интервала для каждого реле времени.

Анализируя работу проектируемой установки, необходимо выявить операции, одновременное протекание которых является недопустимым. В первую очередь следует обратить внимание на реверсируемые приводы. Цепи, управляющие разными направлениями вращения электродвигателя, должны иметь взаимные блокировки. Взаимными блокировками снабжаются также и цепи, управляющие ходом процессов, одновременное протекание которых приводит к аварии. Например, в установке для обмывки (очистки) частей подвижного состава (тележек, колесных пар и пр.) недопустима работа подающего конвейера

при закрытых дверях (шторках) моеющей камеры. Точно так же при закрытых воротах цеха должна быть исключена возможность работы тягового конвейера поточной линии по ремонту вагонов. Аварийное состояние при работе установки может возникнуть не только из-за нарушения согласованности в выполнении отдельных операций. Оно может быть вызвано, например, внезапным отключением электропитания силовых схем и схем управления, обрывом трубопровода (гидро- или пневмомагистрали) и др. Для каждой из установок эти причины индивидуальны и должны быть тщательно рассмотрены. При этом следует помнить, что отдельные части установки в аварийной ситуации могут начать перемещения за допустимые границы, может упасть удерживаемое захватом и перемещаемое изделие и т.д. Поэтому при анализе аварийных ситуаций необходимо четко сформулировать основные требования к силовым схемам и схемам управления. Следует стремиться к тому, чтобы в случае аварийного отключения все части установки фиксировались (останавливались) в положении, предшествующем моменту аварийного отключения.

Для послеаварийного включения установки целесообразно предусмотреть возможность перевода ее на ручной режим работы. Здесь же рекомендуем определить те из предусмотренных датчиков, эффективность действия которых должна быть сохранена при работе установки в ручном режиме управления.

Вопросам охраны труда следует уделить особое внимание. Необходимо предусмотреть ограждения, исключающие возможность случайного попадания человека в зону автоматически действующей установки. Целесообразно предусмотреть кнопки аварийного отключения установки или отдельных ее механизмов с нескольких точек, лежащих вне зоны действия установки. Это особенно важно в тех случаях, когда зона действия установки соприкасается или пересекается с зонами где возможно нахождение обслуживающего персонала. Более подробно такие вопросы рассматриваются на лекциях и при проведении лабораторных и практических занятий.

5.5 РАЗРАБОТКА И ОПИСАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ

5.5.1 Основные требования к электрическим схемам и порядок их разработки

При выполнении курсового или дипломного проектов необходимо для заданного механизма или для их согласованно действующей группы разработать принципиальную схему (силовую и управления). В зависимости от вида используемого привода это может быть электро—, гидро—, пневмосхема или их сочетание. На таких схемах изображают все элементы или устройства, входящие в состав рассматриваемого изделия и участвующие в выполнении рабочих процессов.

Деление схем по видам (электрические, пневматические, гидравлические и др.) и типам (структурные, функциональные, принципиальные и др.) устанавливается ГОСТ 2.701-84. Правила выполнения всех видов и типов схем также устанавливаются стандартами ГОСТ 2.702-75 (для электрических схем), ГОСТ 2.704-76 (для гидравлических и пневматических схем).

Сначала рассмотрим электрические принципиальные схемы, определяющие полный состав элементов и связей между ними. В большинстве своем они дают полное представление о работе устройства или установки. Ниже рассмотрим лишь отдельные пункты требований, оговариваемых названными стандартами, уделяя внимание тем из них, нарушения которых бывают наиболее частыми при курсовом и дипломном проектировании.

Каждая электрическая схема должна содержать силовые цепи (приводных электродвигателей, муфт, электромагнитов, и др.) с указанием источников питания; цепи управления (сигнализации, защиты, регулирования); диаграммы или таблицы включения контактов программных устройств, и др.; необходимые пояснения и примечания.

Все элементы электрических цепей (резисторы, конденсаторы, магнитные усилители и др.), а также отдельные элементы аппаратов (контакты основные и вспомогательные, катушки и др.) изображаются на схемах в виде условных графических обозначений в соответствии с требованиями ЕСКД (Единая систе-

ма конструкторской документации). Названия отдельных стандартов из этой серии приведены в списке литературы [19÷33]. В таблице 7 приложения помещены условные графические изображения наиболее часто встречающихся элементов гидро- и пневмосхем.

Подробно назначение и особенности работы наиболее часто встречающихся элементов электрических схем, их условные графические и буквенно-цифровые обозначения поясняются при анализе типовых схем, рассматриваемых в подразделе 5.5.3 настоящих указаний. Кроме того напомним, что все эти сведения студенты получают, изучая на предыдущем курсе дисциплину «Энергетическое оборудование вагонов».

Различают совмещенный и разнесенный способы изображения элементов на схемах. При совмещенном способе составные части элемента (например, реле, контактора) показываются в собранном виде (с катушками, контактами и пр.). Этот способ находит применение преимущественно в монтажных схемах, раскрывающих наглядно расположение элементов схемы, а также конкретное расположение элементов их взаимосвязей (жгутов, кабелей, трубопроводов и др.).

Разнесенный способ изображения наиболее часто используется при составлении принципиальных схем. В этом случае составные части элементов располагают в разных местах схемы, стремясь к тому, чтобы изображения отдельных цепей устройства имели большую наглядность. Схему составляют из ряда параллельных цепей, расположенных слева направо или сверху вниз, при этом стараются учитывать последовательность действия элементов, включенных в цепи, во времени.

Основные требования к устройствам автоматического управления и регулирования, учитываемые при составлении электрических схем, предусматривают [34] следующее:

— питание силовых цепей и цепей управления от сети трехфазного переменного тока промышленной частоты (50Гц) с напряжением 220/380 В;

— обязательную постановку защиты от токов короткого замыкания и перегрузок как в силовых цепях электроприводов, так и в цепях управления и сигнализации;

— включение контактов со стороны фазы, а катушек реле и других исполнительных механизмов со стороны нулевого провода (этим предотвращается ложное срабатывание при замыкании элементов схемы управления на землю);

— исключение возможности одновременной подачи управляющих команд от схем ручного и автоматического управления;

— возможность остановки устройства в любом промежуточном положении не только с центрального пульта управления, но и непосредственно с рабочего места;

— сохранение в режиме ручного управления действия блокировок, предотвращающих возможность одновременного протекания исключающих друг друга операций.

При составлении принципиальных схем кроме вышеперечисленных требований необходимо учитывать также правила, изложенные в стандартах ЕСКД, и помнить, что:

— все аппараты и их отдельные элементы (кнопки, катушки реле, контакты, концевые выключатели и др.) изображаются в положении, соответствующем отсутствию на всех частях схемы напряжения и внешних воздействий, контроль за которыми обеспечивается элементами схемы;

— контакты коммутирующих устройств, имеющих два исходных устойчивых положения (поляризованное реле), изображаются в одном из положений, которое должно быть пояснено на схеме;

— подвижные контакты кнопочных переключателей, реле и других аппаратов изображаются таким образом, что сила, необходимая для их срабатывания, должна быть направлена сверху вниз при горизонтальном расположении цепей и слева направо при вертикальном;

— условные графические изображения элементов и их буквенно-цифровые обозначения должны соответствовать требованиям ЕСКД [22÷27].

Порядок разработки принципиальных электрических схем при автоматизации производственных процессов включает следующие действия:

— составление технических требований к схеме, на основании которых выявляется последовательность производимых ею отдельных простых действий (операций) и устанавливается взаимосвязь их друг с другом;

— выбор отдельных (элементарных) цепей (силовых и управления), с помощью которых выполняются данные операции;

— объединение в единую схему элементарных цепей с учетом последовательности выполнения операций и их взаимосвязей;

— расчет и выбор аппаратов, отдельных элементов и проводных цепей (сопротивления и мощности резисторов, нагрузки контактов, параметров защиты, сечения проводов и др.);

— корректировку схемы с учетом конкретно выбранных элементов и аппаратов;

— оценку поведения схемы при возможных аварийных процессах, связанных с повреждением отдельных цепей, аппаратов и их элементов, а также возникающих при ошибочных действиях обслуживающего персонала в процессе ручного управления;

— принятие окончательного решения с учетом результатов вышеперечисленных действий.

5.5.2 Основные требования к пневмо- и гидросхемам и краткие сведения об их элементах

Элементы гидравлических и пневматических схем изображаются на чертежах в виде условных графических обозначений. Основные сведения о них, как упоминалось ранее, приведены в таблице 7 приложения. Там же помещены и рекомендуемые для них буквенные обозначения.

Значительная часть требований, обязательных к выполнению при составлении электрических схем, должна учитываться при составлении пневмо- и гидросхем. Все элементы на таких схемах показывают в исходном состоянии (пружины — в составлении предварительного сжатия, электромагниты — обесточенными и т.д.). Если возникает необходимость показать отдельные элементы схемы или всю схему в рабочем положении, то на полях делают соответствующее указание об изображенном положении. Такие поясняющие надписи необходимы для облегчения понимания схемы. Дополнительные сведения могут

быть приведены в виде таблиц, примечаний и других специальных указаний.

Эти схемы, также как и электрические, должны быть защищены от перегрузок. В том случае, если схема предусматривает возможность работы при автоматическом и ручном управлении, необходимо принимать соответствующие меры, исключающие одновременную реализацию этих режимов.

В процессе работы установки (или отдельного механизма) могут возникать аварийные ситуации. Поэтому при разработке пневмо- и гидросхем следует предусматривать возможность прекращения технологической операции на любой ее стадии (аварийная остановка), а также возможность последующего пуска из любого промежуточного положения. При этом можно применить переход с автоматического режима управления на ручной для окончания прерванного цикла.

В зависимости от реализуемого принципа управления (в функции пути, времени и т.д.) на схеме должны быть показаны все необходимые путевые датчики, оговорены обеспечиваемые временные выдержки и в случае необходимости приведены временные диаграммы, отражающие последовательность срабатывания всех элементов схемы и временные интервалы между этими срабатываниями.

Разрабатывая схемы, следует стремиться к применению однотипных элементов. В спецификацию на схеме необходимо вносить все аппараты, указанные на чертеже. В случае применения пневмо- и гидроэлементов с электрическим управлением (приводом) необходимо приводить и электрические схемы питания таких элементов. Эти схемы выполняются по правилам, изложенным выше.

Всю совокупность элементов, используемых для составления гидро- и пневмосхем, можно разбить на следующие группы: источники энергии (насосы, компрессоры), исполнительные устройства (пневмо- и гидроцилиндры и машины), направляющие и регулирующие аппараты, гидро- и пневмоемкости, трубопроводы с необходимой арматурой.

Насосы и компрессоры должны обеспечить подачу в гидро- и пневмосхемы рабочей среды с требуемыми параметрами.

Пневмосети, как правило, подключаются к имеющимся на каждом предприятии магистралям со сжатым воздухом. Поэтому при графическом изображении пневмосети можно не показывать компрессоры, ограничиваясь изображением лишь подводящей пневмолinii (ПЛ). Для питания гидравлических устройств следует предусмотреть индивидуальный источник. Основные показатели, характеризующие свойства источников энергии, приведены в таблице 8 приложения на примере шестеренчатых насосов моторов типа НМШ.

Исполнительные устройства — преобразуют энергию рабочей среды в механическую энергию движения рабочих органов машины, выполняющей необходимую технологическую операцию. Под рабочей средой понимается рабочая жидкость в объемном гидроприводе и рабочий газ в пневмоприводе. Исполнительные устройства могут быть: поршневые, с упругими элементами (мембрана, сильфон и пр.), роторные. Наиболее распространены поршневые устройства. Для привода различных механизмов, используемых при изготовлении и ремонте вагонов, наиболее часто применяют гидро- и пневмоцилиндры, с помощью которых обеспечивается возвратно-поступательное или вращательное движение рабочего органа. Для примера в таблице 9 приложения приведены основные данные для двух выпускаемых промышленностью гидропневмоцилиндров типа ЦРГП. Основные технические характеристики гидро- и пневмоцилиндров приведены в справочнике [16].

Направляющие аппараты (распределители) — в основном предназначены для изменения направления движения рабочей среды. В процессе работы они обеспечивают путем полного открытия или полного закрытия рабочего проходного сечения; пуск, остановку или изменение направления потока рабочей среды и выполняют функции управления исполнительными устройствами. Распределители могут иметь управление: ручное, электрическое, механическое (с помощью кулачка), а также управление потоком рабочей среды. Это отображается их условными обозначениями, которые приведены в таблице 7 приложения. Число квадратов, входящих в условное графическое изображение распределителя, соответствует числу его по-

зиций. В записях распределители обозначаются дробью, знаменатель которой отражает число позиций, а числитель указывает на число подходящих линий (ходов). Распределители могут быть золотниковые, крановые, клапанные.

Регулирующие аппараты — служат для управления давлением, расходом и направлением потока рабочей среды путем частичного открытия рабочего проходного сечения. К таким аппаратам относятся: обратные клапаны, предохранительные клапаны, редукционные клапаны, дроссели и пр. Условные графические изображения их приведены в таблице 7 приложения. Напомним кратко назначение каждого из названных аппаратов. Клапаны являются аппаратами эпизодического действия. **Обратные гидро- и пневмоклапаны** обеспечивают протекание рабочей среды в одном направлении и исключают ее обратное движение. **Предохранительные клапаны** предназначены для защиты системы (гидро- или пневмо-) от возможности повышения давления рабочей среды сверх установленного значения, что могло бы привести к аварии. Эти устройства, как правило, срабатывают, если контролируемое давление среды на клапан превысит усилие действующей на него же пружины. **Редукционные клапаны** используют для питания потребителей, требующих меньший уровень давления по сравнению с имеющимся в рабочей магистрали. **Дроссели**, применяемые в гидро- и пневмосетях, предназначены для изменения расхода рабочей среды. Достигается это путем создания местного более высокого сопротивления потоку газа или жидкости. Дроссели могут быть регулируемые или нерегулируемые. Основные показатели для отдельных типов направляющей и регулирующей гидро- и пневмоаппаратуры приведены в таблицах 10 и 11 приложения. Необходимые справочные данные можно взять из литературы [15; 16; 38].

Гидро- и пневмоемкости используются для создания необходимого запаса рабочей среды. К ним относятся гидроаккумуляторы и ресиверы.

Трубопроводы с необходимой арматурой обеспечивают передачу рабочей среды от одного устройства к другому. Выделяют

напорные гидро- и пневмолинии, по которым рабочая среда движется от насоса (или компрессора) к исполнительным устройствам, и сливные гидролинии или выхлопные пневмолинии. По сливной гидролинии жидкость направляется в гидробак. Выхлопные пневмолинии служат для выброса рабочего газа в атмосферу.

Кроме названных элементов в гидро- и пневмосхемах могут использоваться реле давления, выдержки времени и др. **Реле давления**, контролируя давление рабочей среды, срабатывает, как только оно достигает установленного значения. При этом вырабатывается командный (как правило, электрический) сигнал, используемый в схемах управления. **Реле выдержки времени** используется для отсчета заданного промежутка времени и задержки на этот период момента срабатывания того или иного устройства. В конструкции реле обычно предусматривают специальную емкость, заполнение или опорожнение которой через дроссель обеспечивает необходимую выдержку времени.

Более подробные сведения об элементах, входящих в состав пневмо- и гидролиний, можно найти в справочной литературе.

5.5.3 Типовые схемы управления работой электродвигателя

Любую схему можно составить из отдельных элементарных цепей и функциональных узлов, обеспечивающих управление отдельными операциями, протекающими в некоторой последовательности.

Общим для всех электрических схем (силовых и управления) является наличие цепей питания, подсоединяемых к сетям переменного тока с напряжением 220/380 В. При этом для привода различных механизмов (компрессоров, насосов, тяговых лебедок и др.) предпочтительнее применять асинхронные двигатели, которые используют энергию трехфазных сетей без дополнительных преобразований и к тому же являются наиболее надежными в эксплуатации. В тех случаях, когда по условиям технологии необходимо применение двигателей постоянного тока, для них устанавливают специальные преобразователи (выпрямители). В качестве примера при дальнейшем рассмотрении

будут использованы силовые цепи потребителей, получающие питание непосредственно от сети трехфазного переменного напряжения.

Цепи управления таких потребителей могут получать питание от проводов питающей сети или непосредственно, как это показано на (см. рисунок 5.14, *а*, *б*), или через понижающий трансформатор (см. рисунок 5.14, *з*). Для питания цепей управления может быть использован и посторонний источник постоянного или переменного тока (см. рисунок 5.14, *в*).

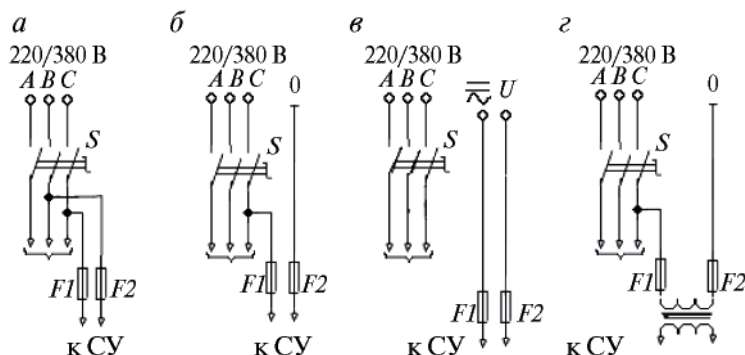


Рисунок 5.14 — Схемы подачи питания к цепям управления:

а — от двух фаз; *б* — от фазы и нулевого провода; *в* — от постороннего источника; *з* — от понижающего трансформатора

По функциональному назначению схемы управления можно разделить на схемы сигнализации, защиты и управления простыми процессами. Первые две разновидности схем могут в виде отдельных цепей входить в состав схем управления.

По характеру вырабатываемого сигнала схемы сигнализации делятся на звуковые, световые и смешанные. По назначению выделяют схемы сигнализации положения, командно-переговорной сигнализации, сигнализации о действии защиты и автоматики, технологической сигнализации.

Сигнализация положения оповещает о состоянии контролируемого объекта (открыт, закрыт, включен, отключен и т.д.).

Командно-переговорная сигнализация служит для передачи заранее определенных команд в виде сочетания звуковых или

световых сигналов из одного помещения в другое с контролем получения команд принимающей стороной.

Сигнализация о действии защиты и автоматики необходима для оперативного установления причин остановки процесса или отключения контролируемого объекта в аварийных ситуациях.

Технологическая сигнализация оповещает о нарушении нормального хода технологического процесса и делится на предупреждающую и аварийную. Предупреждающая — сигнализирует о допустимых отклонениях контролируемого параметра от установленного значения, аварийная — о недопустимых.

С примерами выполнения различных схем сигнализации можно подробно ознакомиться в специальной технической литературе [34]. Отдельные случаи включения сигнальных приборов различного назначения рассмотрим при дальнейшем анализе схем управления конкретными производственными процессами.

Изучение схем управления начнем с тех из них, которые позволяют реализовать в ручном и автоматическом режимах такие простейшие задачи, как пуск, остановка и изменение направления. Из большого количества простых операций, где реализуются эти задачи, выделим случаи управления работой приводного электродвигателя и гидро- или пневмоцилиндров. За основу при анализе электрических схем возьмем силовые схемы включения электродвигателей $M1$ и $M2$ (неревверсируемого и реверсируемого), приведенные на рисунке 5.13, *а, б*.

Анализ управления работой этих двигателей начнем с рассмотрения схем, обеспечивающих ручное, неавтоматическое управление, показав на их примере отдельные способы включения приборов сигнализации и защиты. Рассматриваемые схемы ручного управления упомянутых двигателей помещены на рисунке 5.15, *а, б*.

Каждая из этих схема получает питание от одной из фаз C и нулевого провода через плавкие вставки предохранителей $F4$ и $F5$. Подробно работу схемы управления рассмотрим на примере неревверсируемого двигателя (см. рисунок 5.13, *а*). Подача пита-

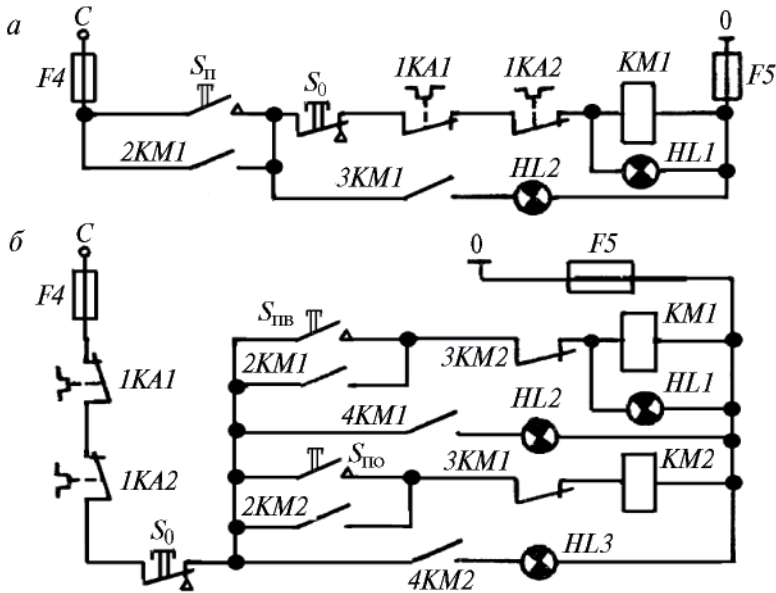


Рисунок 5.15 — Схемы ручного управления асинхронным электродвигателем:

а — нереверсируемым; б — реверсируемым

ния к силовой схеме и схеме управления обеспечивается после включения рубильника QS .

После нажатия пусковой кнопки $S_{\text{п}}$ (с самовозвратом) питание подается (см. рисунок 5.15, а) к катушке $KM1$ магнитного пускателя. Цепь питания проходит от фазы C через плавкую вставку предохранителя $F4$, замкнувшиеся (при нажатии) контакты $S_{\text{п}}$, замкнутые контакты кнопки S_0 (с самовозвратом) остановки, замкнутые контакты $1KA1$ и $1KA2$ электротепловых реле, катушку $KM1$, плавкую вставку предохранителя $F5$ к нулевому проводу O . Магнитный пускатель включается. Замкнувшиеся при этом силовые контакты $1KM1$ подают питание к фазам двигателя $M1$ (см. рисунок 5.13, а), обеспечивая его запуск и последующую работу. Отпускание кнопки $S_{\text{п}}$ и самопроизвольное размыкание ее контактов (самовозврат) не нарушит цепь питания катушки $KM1$, так как замкнувшийся вспомогательный

контакт $2KM1$ пускателя создает дополнительную цепь (цепь самоподхвата) питания. Двигатель остановится, если будет нажата кнопка S_0 или в результате перегрузки двигателя разомкнутся контакты (или один из контактов) $1KA1$ и $1KA2$ тепловой защиты. В любом из этих случаев потеряет питание катушка пускателя $KM1$, и все его контакты (силовые — $1KM1$ и вспомогательные $2KM1$ и $3KM1$) возвратятся в исходное, показанное на схемах состояние (разомкнутое).

На рассмотренной схеме показаны два из возможных способов включения сигнальных ламп. В одном случае сигнальная лампа $HL1$ включена параллельно катушке $KM1$, в другом — лампа $HL1$ через замыкающий контакт $3KM1$ подключена непосредственно к источнику питания. Более полную информацию дает лампа $HL2$. Ее свечение указывает на то, что контактор $KM1$ сработал, так как замкнулся его вспомогательный контакт $3KM1$. Свечение лампы $HL1$ указывает лишь на то, что напряжение питания подано к катушке $KM1$. Пускатель $KM1$ может при этом и не включиться, если оборвана внутренняя цепь самой катушки. Использование двух сигнальных ламп в данной схеме позволяет при свечении лишь одной из них ($HL1$) говорить о наличии отказа (внутренний обрыв) катушки $KM1$.

Схема (см. рисунок. 5.13, б) реверсируемого двигателя отличается от рассмотренной лишь тем, что в силовую ее часть введены контакты $1KM2$, которые обеспечивают подключение двигателя к питающей сети с измененным чередованием фаз. Этим достигается изменение направления его вращения.

Схема управления реверсируемым двигателем составлена фактически из двух одинаковых схем, рассмотренных выше. При этом катушки ($KM1$ и $KM2$) каждого из магнитных пускателей включаются своей пусковой кнопкой $S_{пв}$ или $S_{по}$. Разница лишь в том, что контакты кнопки остановки (S_0) и токовой защиты ($1KA1$ и $1KA2$) вынесены в общую цепь питания катушек пускателей, что позволяет отключить двигатель при любом направлении вращения. При ручном управлении не исключается возможность ошибочного одновременного нажатия кнопок $S_{пв}$ и $S_{по}$, что приведет к короткому замыканию фаз питающей сети, так как одновременно получат питание катушки пускателей

$KM1$ и $KM2$ и замкнутся их контакты $1KM1$ и $1KM2$ в силовой цепи питания (см. рисунок 5.13, б). Чтобы исключить такую возможность, их цепи питания этих катушек взаимно блокированы. При включении катушки $KM1$ размыкающий контакт $3KM1$ разомкнет цепь питания катушки $KM2$, а при включении $KM2$ разомкнувшийся контакт $3KM2$ исключит возможность одновременного включения катушки $KM1$.

Чтобы перевести работу силовых схем в автоматический режим, достаточно в их схемы управления ввести дополнительные элементы, получающие команды на срабатывание от различных датчиков, контролирующих пространственное перемещение механизма или отдельной его части (управление по пути), длительность протекания операций (управление по времени) или изменение параметра (температуры, давления, уровня жидкости и др.), характеризующего ход управляемого процесса. В последнем случае мы переходим к схемам автоматического регулирования. Такие схемы могут быть реализованы и на базе элементарных схем автоматического управления, рассматриваемых ниже.

Во всех схемах управления, обеспечивающих автоматический режим работы, сохраняются элементы ручного пуска (для первоначального запуска, ручного управления в аварийных ситуациях и экстренной остановки).

Типовые, элементарные схемы управления, обеспечивающие автоматическое отключение исполнительного механизма (управляемого объекта) в зависимости от контролируемого параметра (пройденного пути, температуры и т.д.) или по истечении заданного отрезка времени, показаны на рисунках 5.16, а–г и 5.17, а, б.

Исполнительным элементом каждой из этих схем является пускатель $KM1$, который включается при нажатии кнопки $S_{\text{п}}$. Работа схем а и б (см рисунок 5.16) после запуска продолжается до тех пор, пока перемещение управляемого схемой механизма не приведет к срабатыванию путевого выключателя $SQ1$, размыканию его контактов, обрыву цепи питания катушки пускателя $KM1$ и остановке электродвигателя, приводящего механизм в движение. Поскольку после этого остановившийся

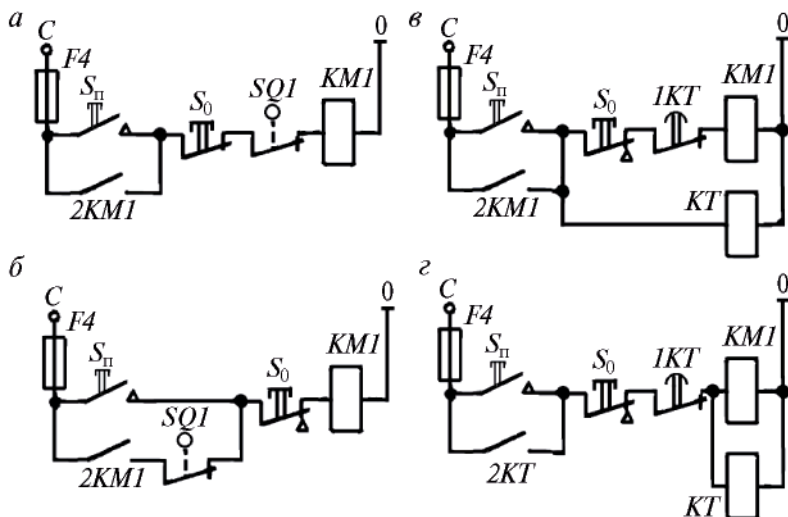


Рисунок 5.16 — Схемы ручного пуска и автоматического отключения нереверсируемого асинхронного электродвигателя:

а, б — по перемещению; *в, г* — по времени

механизм продолжает воздействовать на выключатель $SQ1$, то его контакты остаются в разомкнутом состоянии. Это делает невозможным без дополнительных мер повторный запуск схемы, показанной на рисунке 5.16, *а*. Вторая же схема (см. рисунок 5.16, *б*) может быть повторно запущена в работу. Правда, кнопку пуска необходимо удерживать в нажатом состоянии до тех пор, пока начавший движение механизм не освободит контакты выключателя $SQ1$, которые вернуться в замкнутое состояние и обеспечат (после отпуска кнопки $S_{\text{п}}$) питание катушки пускателя и работу механизма до его последующего воздействия на путевой выключатель.

Использование такой схемы может найти применение, например, при управлении перемещением тележки с электроприводом, совершающей движение по кольцевому пути, одна из точек которого контролируется путевым датчиком $SQ1$.

Каждая из схем *в* и *г* (см. рисунок 5.16) после включения обеспечивает работу управляемого ею механизма или протекание

какого-либо иного процесса в течение заданного промежутка времени, отсчитываемого реле KT . Как только это время истечет, размыкаются контакты $1KT$ (контакт с выдержкой времени при размыкании) и схемы отключаются. Обе схемы работают аналогично с той лишь разницей, что в одной из них (см. рисунок 5.16, *в*) «самоподхват» обеспечивается контактом $2KM1$ пускателя, а в другой (см. рисунок 5.16, *г*) — срабатывающим без выдержки времени контактом $2KT$ реле времени.

На основе рассмотренных элементарных схем могут быть построены схемы автоматического управления, обеспечивающие достаточно большое количество программ. Объединив, например, две элементарные схемы, рассмотренные ранее (см. рисунок 5.16, *б*), получим схему, приведенную на рисунке 5.17, *а*, которая после включения (нажатием пусковой кнопки S_{II}) обеспечивает перемещение исполнительного механизма (включение $KM1$) в заданном направлении, остановку в заданной точке (размыкание одного из контактов $1SQ1$ и отключение $KM1$), движение от этой точки в обратном направлении (замыкание другого контакта $2SQ1$ и включение $KM2$) и остановку в исходной точке

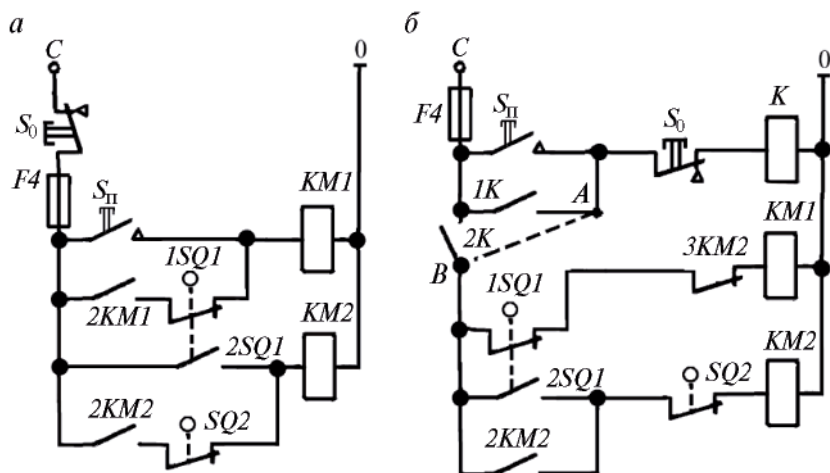


Рисунок 5.17 — Схемы автоматического реверсирования асинхронного электродвигателя (по пути):

а — однократного; *б* — многократного

(размыкание контактов $SQ2$). В рассмотренной схеме пришлось в цепь питания катушки $KM2$ вместо пусковой кнопки включить замыкающий контакт $2SQ1$ пускового выключателя $SQ1$, а кнопку остановки перенести в общую цепь питания катушек пускателей.

Схема, помещенная на рисунке 5.17, б, после запуска обеспечит многократное перемещение механизма между точками, в которых установлены датчики $SQ1$ и $SQ2$. Такой режим работы стал возможен благодаря применению промежуточного реле K , которое при периодическом срабатывании пускателей $KM1$ и $KM2$ своим замкнувшимся контактом $2K$ постоянно подает питание к их цепям. В схеме можно было обойтись и одним контактом $1K$, соединив точку B непосредственно с A (см. рисунок 5.17, б), но тогда увеличилась бы нагрузка этого контакта. Необходимость введения в цепь катушки $KM1$ размыкающегося контакта $3KM2$ (блокировочного) объясняется тем, что после реверсирования и ухода механизма из конечной точки контакты расположенного там путевого выключателя $SQ1$ возвращаются в исходное (показанное на схеме) состояние. В отсутствие блокировки $3KM2$ это могло бы вызвать включение пускателя $KM1$ (при включенном $KM2$), что привело бы к короткому замыканию цепей источника питания (см. схему рисунка 5.13, б).

Совместив рассмотренные схемы со схемами, обеспечивающими выдержку времени, можно добиться выполнения более сложных задач. На рисунке 5.18 приведены схемы, обеспечивающие не только перемещение механизма T (см. рис. 5.18, в) между двумя точками, но и задержку его в каждой из них на некоторое время. Одна схема (см. рисунок 5.18, а) осуществляет такую задержку лишь в одной конечной точке, вторая (см. рисунок 5.18, б) — в обеих. Время задержки определяется настройкой реле времени $KT1$ и $KT2$, запускаемых (включаемых) с помощью путевых выключателей. С этой целью во второй схеме выключатель $SQ2$ должен иметь, так же как и $SQ1$, два контакта (один размыкающих, другой замыкающий). В исходном положении цепь питания катушки $KT1$ разомкнута.

Читателям предлагается самим разобраться в том, как влияет начальное положение механизма (в одной из крайних контро-

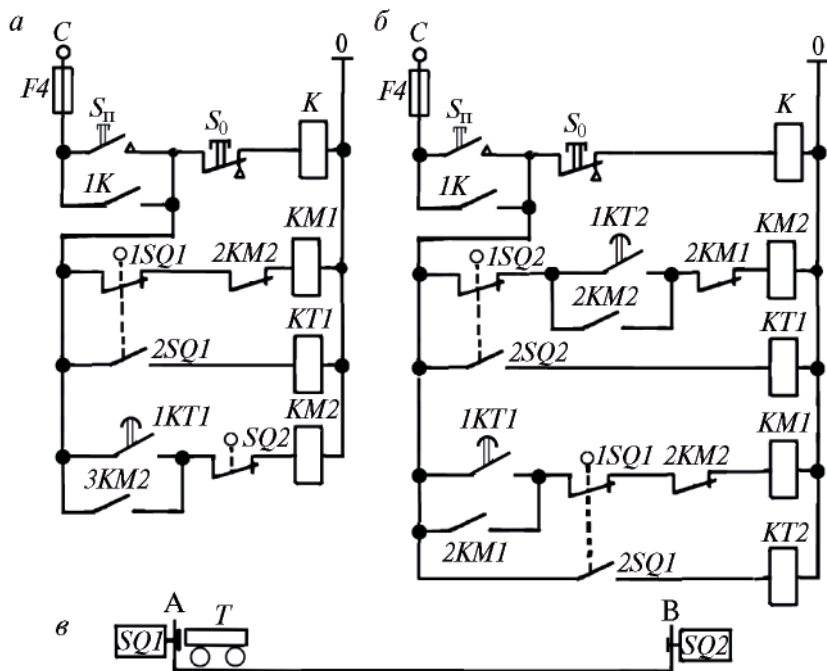


Рисунок 5.18 — Схемы управления периодическим перемещением транспортного механизма T между двумя точками с остановками на заданное время:

a — в одном из пунктов; b — в каждом пункте

лируемых точек или между ними) на его поведение после нажатия кнопки $S_{\text{н}}$.

Рассмотрим далее схему управления периодическим, совершающимся через равные промежутки времени, движением конвейера, перемещающего изделия (ремонтруемые или изготавливаемые) поочередно с одной рабочей позиции на другую. Два варианта такой схемы представлены на рисунке 5.19, a , b .

В каждой из этих схем контроль за подачей изделия с позиции на позицию обеспечивает путевой датчик $SQ1$, установленный на одной из позиций и имеющий два контакта ($1SQ1$ — размыкающийся и $2SQ1$ — замыкающийся).

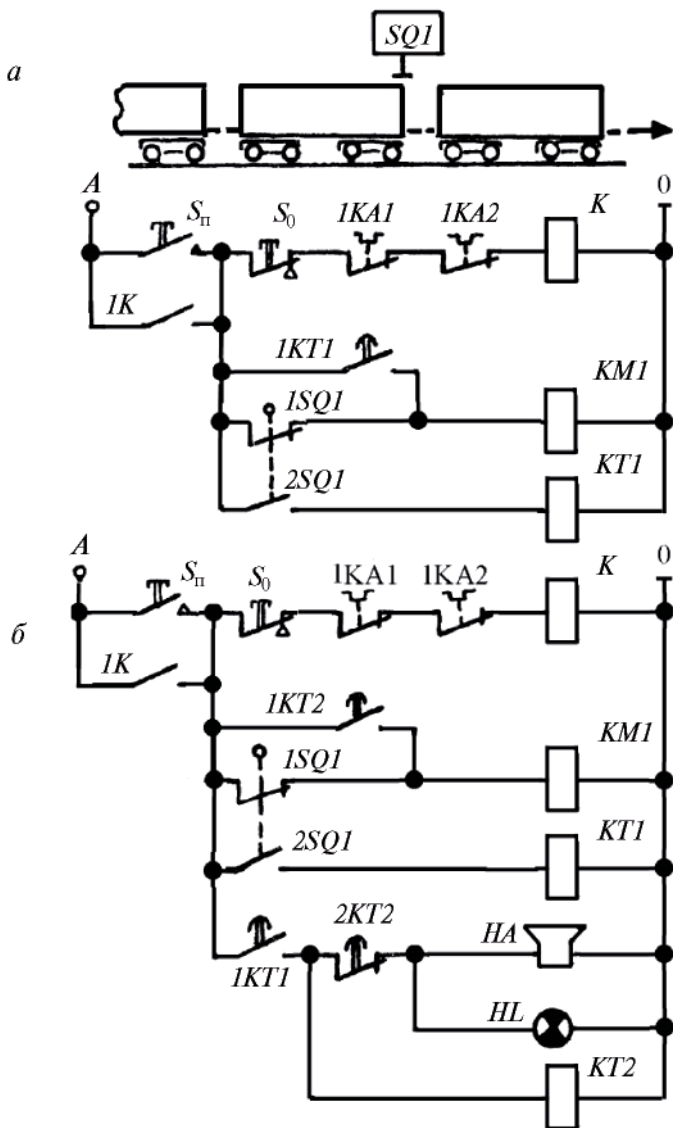


Рисунок 5.19 — Схемы управления автоматическим перемещением конвейера через заданные промежутки времени:

a — без предупредительной сигнализации; *б* — с предварительным звуковым и световым предупреждением

Если при нажатии кнопки $S_{\text{п}}$ на контролируемой позиции нет изделия (датчик $SQ1$ не нажат), то конвейер сразу приводится в движение, так как через замкнутый контакт $ISQ1$ получает питание катушка $KM1$ пускателя приводного двигателя. Конвейер будет двигаться до тех пор, пока изделие не переместится на контролируемую датчиком позицию. При этом один контакт ($ISQ1$) путевого датчика разомкнется, отключив пускатель $KM1$ и остановив конвейер. Второй ($2SQ1$) контакт того же датчика замкнется, подав питание к катушке реле времени $KT1$, которое начинает отсчет времени, необходимого для пребывания изделия на рабочей позиции. Через установленное время замкнется контакт $1KT1$ и включит в одной схеме (см. рисунок 5.19, *а*) конвейер, подав питание к пускателю $KM1$, а во второй (см. рисунок 5.19, *б*) — предупредительную сигнализацию, подав питание к цепям звукового HA и светового HL сигнальных устройств. Одновременно с сигнальными устройствами во второй схеме получит питание и катушка второго реле времени $KT2$. Это реле, отсчитав положенное время, размыкающим контактом $2KT2$ прекратит действие предупредительной сигнализации, а замыкающим $1KT2$ обеспечит работу конвейера. В обеих схемах после начала движения конвейера и перемещения изделий контакты датчика $SQ1$ еще некоторое время остаются под воздействием изделия, уходящего с контролируемой позиции. Уход изделия с позиции и возвращение контактов $1SQ1$ и $2SQ1$ в исходное состояние приводят к отключению реле времени $KT1$ в первой схеме и $KT1$ и $KT2$ — во второй. Контакты реле времени $1KT1$ в одной и $1KT2$ в другой схеме разомкнутся, но в обеих схемах катушки пускателей $KM1$ будут получать питание через замкнувшийся контакт $ISQ1$. Конвейер будет продолжать движение, пока очередное изделие не попадет на контролируемую позицию и не нажмет выключатель $SQ1$. Далее процесс будет проходить так же, как описано выше.

Экстренная остановка (отключение) схемы возможна с помощью кнопки S_0 , размыкающий контакт которой разрывает цепь питания промежуточного реле K , что приводит к отключению питания (размыкание контактов $1K$) всей схемы управления.

Для запуска схемы нажимают кнопку S_n . Если в этот момент изделия нет на контролируемой позиции, то схема будет работать так, как описано выше. Если же изделие находится на контролируемой позиции и путевой выключатель нажат, то в первую очередь включится реле времени KTI в каждой из схем и начнет отсчет времени, необходимого для пребывания изделия на рабочей позиции. Дальнейшая работа схемы была описана ранее.

При разработке схем, обеспечивающих заданную очередность протекания процессов во времени, приходится применять соответствующее количество (и иногда достаточно большое) временных реле. Схема в результате получается громоздкой и по количеству элементов, и по занимаемому пространству. В таких случаях удается значительно упростить схему и сделать ее более компактной, применив командоаппарат, например КЭП –12 у. Сведения о конструкции этого аппарата и конкретные примеры реализации схем на его основе приведены в литературе [1]. Кроме того, этот аппарат студенты изучают при проведении лабораторных работ.

На базе рассмотренных элементарных схем управления простыми операциями, могут быть созданы схемы, управляющие достаточно сложными технологическими процессами. Конкретные примеры компоновки таких схем будут рассмотрены ниже.

5.5.4 Типовые схемы управления работой пневмо- и гидроцилиндров

Анализ схем управления работой пневмоцилиндров начнем с описания способов торможения хода поршня в конце его перемещения. Такое торможение исключает возможность удара, который нежелателен при обеспечении целого ряда технологических операций и может привести к преждевременному разрушению механизма. Две схемы, обеспечивающие необходимое торможение поршня, приведены на рисунке 5.20, *а, б*. В первой схеме (см. рисунок 5.20, *а*) штоковая полость силового пневмоцилиндра I состоит из двух камер B и C .

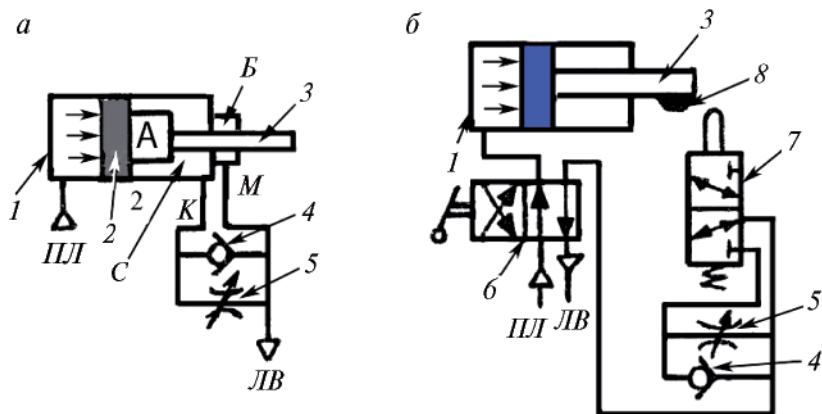


Рисунок 5.20 — Пневмоцилиндры с торможением в конце хода поршня, осуществляемым:

a — внутренним устройством; *б* — внешним устройством

При подаче воздуха по проводящей линии ПЛ в левую часть цилиндра 1 поршень 2 перемещается вправо с некоторой скоростью. Воздух из штоковой полости С через линию выхлопа ЛВ выбрасывается в атмосферу. Основная часть воздуха при этом проходит в ЛВ через отверстие М, так как в линии, связывающей выходное отверстие К с ЛВ, находится регулируемый дроссель 5, оказывающий заметное сопротивление прохождению воздушного потока. Обратный клапан 4 при этом закрыт. Как только поршень 2 своим выступом А перекроет дополнительную камеру В цилиндра, свободный выхлоп воздуха через отверстие М из камеры С прекратится. Выхлоп из этой камеры теперь осуществляется только через отверстие К с большим сопротивлением. Скорость перемещения поршня 2 со штоком 3 вправо замедляется. Величина этого замедления может регулироваться дросселем 5.

Чтобы обеспечить обратное движение поршня в этой схеме, линия ПЛ с помощью распределителя (на схеме не показан) окажется подключенной к отверстию М. В этом случае, благодаря обратному клапану 4, воздух, минуя дроссель 5, будет подаваться и к отверстию К. Это обеспечит одновременное запол-

нение камер *Б* и *С* штоковой полости цилиндра и перемещение поршня влево.

Во второй схеме (см. рисунок 5.20, *б*) торможение поршня обеспечивается внешними тормозными устройствами. Такие устройства позволяют регулировать момент начала торможения, что затруднено в ранее рассмотренной схеме. Схема с внешними устройствами торможения снабжена четырехлинейным двухпозиционным (4/2) распределителем *б* с ручным приводом и трехлинейным двухпозиционным (3/2) распределителем *7* с приводом от кулачка *8*, помещенного на штоке *3* пневмоцилиндра, и пружинным возвратом.

При указанном на схеме положении распределителя *б* воздух из линии *ПЛ* подается в левую (бесштоковую) полость пневмоцилиндра *1*, и поршень *2* перемещается вправо с некоторой скоростью. Воздух из штоковой полости через распределитель *7* вытесняется в линию выхлопа *ЛВ* и в атмосферу.

Как только кулачок *8*, расположенный на штоке *3*, при перемещении вправо нажмет на кулачок распределителя *7*, выходное отверстие штоковой полости цилиндра окажется соединенным с *ЛВ* через дроссель *5*. В этом случае действуют соединения, показанные в верхнем квадрате графического изображения распределителя *7*. Возрастает сопротивление в линии выхлопа, и скорость перемещения поршня замедляется. Замедление сохраняется до тех пор, пока кулачок *8* будет воздействовать на распределитель *7*, по окончании этого воздействия распределитель *7* по действию пружины возвратится в исходное (показанное на рисунке) положение. Откроется беспрепятственный выход воздуха из штоковой полости, и скорость перемещения поршня снова увеличится.

Обратный ход поршня происходит при ручном переключении распределителя *б* в правое положение (работает левый квадрат со скрещивающимися направлениями потоков). При воздействии кулачка *8* на распределитель *7* воздух из подводящей линии *ПЛ* через обратный клапан *4*, минуя дроссель *5*, и распределитель *7* (верхний квадрат его изображения) поступает в правую штоковую полость цилиндра. Поршень начинает двигаться влево. Как только кулачок перестанет воздействовать на

распределитель 7, последний под действием пружины переместится, заняв положение, показанное на рисунке 5.20, б. В этом случае воздух будет подаваться в цилиндр, минуя и обратный клапан, и дроссель. Таким образом, положение распределителя 7 практически не будет влиять на скорость обратного хода поршня.

Внешние тормозные устройства находят применение и в гидросхемах. Рассмотрим работу гидросистемы, обеспечивающей возвратно-поступательное движение с переменной скоростью. Схема приведена на рисунке 5.21.

При положении всех элементов, указанных на схеме, масло из бака *Б* через фильтр *Ф* подается насосом *Н* под давлением через распределитель *Р1* в правую полость рабочего цилиндра *Ц*. Предохранительный клапан *КП* поддерживает заданный уро-

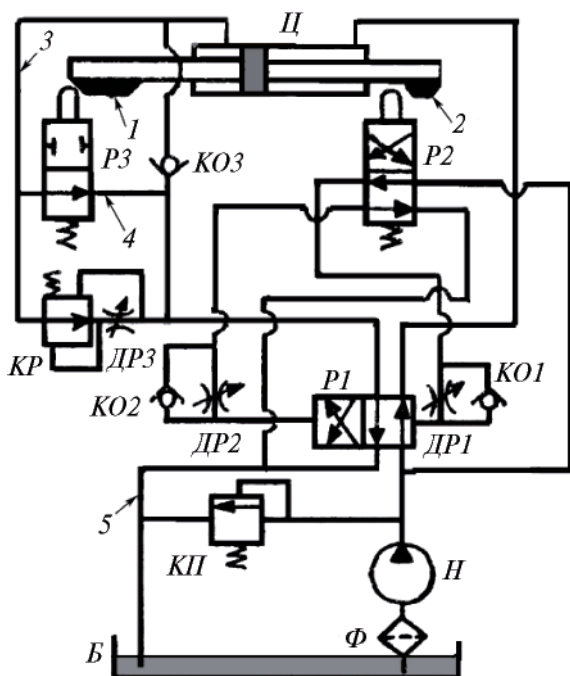


Рисунок 5.21 — Гидросистема, обеспечивающая возвратно-поступательное движение поршня исполнительного механизма

вень давления рабочей среды. Одновременно через распределитель $P2$ и обратный клапан $KO1$, распределитель $P1$ давлением масла удерживается в левом положении (показано на схеме). Поршень рабочего цилиндра перемещается влево. Жидкость из левой полости цилиндра по трубе 3 через распределитель $P3$, трубу 4 , распределитель $P1$ сливается по трубе 5 в бак B .

При перемещении поршня влево наступит момент, когда кулачок 1 нажмет на рычаг распределителя $P3$, обеспечив его переключение. В результате доступ жидкости в трубу 4 будет перекрыт (верхней частью распределителя $P3$). Теперь жидкость из левой полости цилиндра по трубе 3 может выходить лишь через редукционный клапан KP и дроссель $ДP3$. Далее, как раньше, через распределитель $P1$ по трубе 5 в бак. Однако в этом случае из-за увеличивающегося сопротивления в сливной магистрали скорость движения поршня снизится.

По мере перемещения поршня влево наступит момент, когда кулачок 2 обеспечит переключение распределителя $P2$. Опустившись вниз (по схеме), распределитель обеспечит соединение подводимых к нему линий перекрещивающимися по схеме каналами (верхний квадрат условного обозначения). В этом случае жидкость от насоса H будет подана через распределитель $P2$ и обратный клапан $KO2$ к распределителю $P1$, что обеспечит его переключение. По схеме он переместится вправо. Дроссели $ДP1$ и $ДP2$ дают возможность регулировать скорость переключения распределителя.

После переключения распределителя $P1$ жидкость от насоса H через обратный клапан $KO3$ будет подана в левую полость цилиндра. Начнется быстрое перемещение поршня вправо, так как в подводящей и сливной цепях нет участков с дополнительными сопротивлениями. Прекращение воздействия кулачка 1 на распределитель $P3$ и возвращение последнего под действием пружины в верхнее положение (показано на схеме) создаст дополнительную цепь подачи жидкости по трубе 4 в левую полость цилиндра. Прекращение же воздействия кулачка 2 на распределитель $P2$ обеспечит возвращение его под действием пружины в первоначальное положение (показано на схеме). В результате жидкость через распределитель $P2$ и обратный клапан $KO1$

будет подана к распределителю $P1$, обеспечив его переключение в положение, показанное на схеме. Это обеспечит повторение описанного процесса. Момент переключения $P1$ с помощью дросселя $DP2$ подбирается так, что он наступит после перемещения поршня цилиндра $Ц$ в крайнее правое положение.

В схемах управления гидро- и пневмоприводов, находящихся применение в вагоноремонтном производстве, предпочтение отдается золотниковым распределителям с электромагнитным приводом. Это позволяет значительно упростить конструкцию приводов. Рассмотрим несколько схем, обеспечивающих различные алгоритмы перемещения штока 2 пневмоцилиндра 4, показанного на рисунке 5.22, а.

Крайние положения поршня 3 контролируются путевыми выключателями $SQ1$ и $SQ2$, размещенными в крайних точках (B и C) положения штока. Кулачок 1, размещенный на конце штока, в крайних его положениях воздействует на соответствующий выключатель, меняя состояние его контактов. В зависимости от исполнения схемы управления (см. рисунок 5.22, б, в, г, д) характер перемещения поршня может меняться. При отсутствии питания в любой из схем управления электромагнит $Y1$ распределителя 5 под воздействием пружины б находится в положении (показано на схеме), когда воздух подается в правую часть цилиндра. Шток находится в левом положении, воздействуя своим выступом на концевой выключатель $SQ1$. Замыкающие контакты этого выключателя (см. рисунок 5.22, в, г, д) замкнуты, а размыкающие (см. рисунок 5.22, б) разомкнуты.

Запуск любой схемы осуществляется нажатием кнопки $S_{\text{п}}$. В схеме, показанной на рисунке 5.22, б, эту кнопку необходимо удерживать до тех пор, пока кулачок не освободит выключатель $SQ1$ и его контакты не замкнутся. Как только (после нажатия $S_{\text{п}}$) получит питание электромагнит $Y1$ распределителя 5, его золотник, преодолев сопротивление пружины б, переместится и обеспечит подачу воздуха в левую часть цилиндра. Поршень со штоком начнут движение (на рисунке вправо). В крайнем положении (точка C) кулачок нажмет на кнопку путевого выключателя $SQ2$, и замкнувшиеся его контакты подадут питание к катушке реле $K1$. Контакт $IK1$ этого реле разомкнет цепь пита-

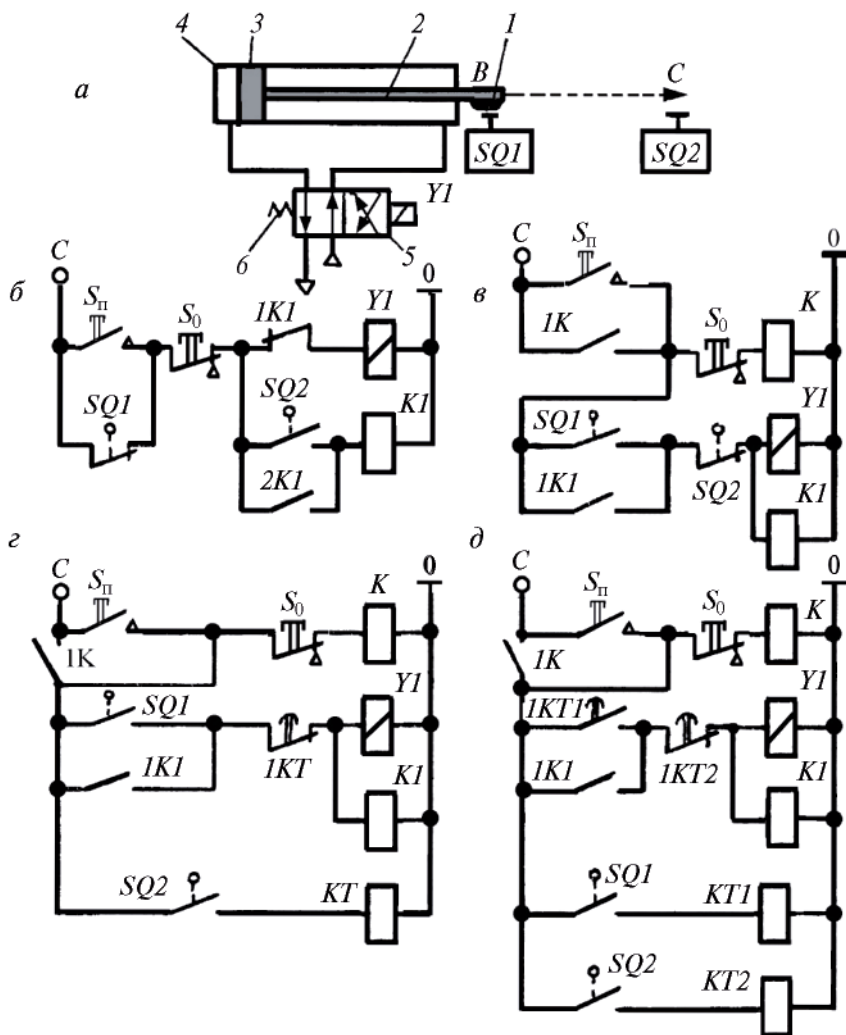


Рисунок 5.22 — Конструктивная схема (а) пневмоцилиндра и схемы управления, обеспечивающие перемещение поршня между точками В и С

ния катушки YI электромагнита распределителя, а контакт $2K1$, блокировав контакты $SQ2$, обеспечит дополнительную цепь питания своей катушки $K1$ (цепь самоподхвата).

Под действием пружины золотник распределителя вернется в исходное состояние (см. рисунок 5.22, *a*). Поршень цилиндра переместится влево. Хотя при этом контакты $SQ2$ снова разомкнутся, реле $K1$, оставаясь включенным (благодаря замкнутому контакту $2KI$), удерживает (контактом $IK1$) в отключенном состоянии катушку $Y1$. После возвращения поршня в исходное (левое на рисунке 5.22, *a*) состояние контакты $SQ1$ под давлением кулачка разомкнутся, катушка $K1$ (а с нею и $Y1$) потеряет питание, и поршень остановится. Таким образом, рассмотренная схема управления обеспечивает один цикл перемещения поршня от точки B и C и обратно без длительной остановки в точке C . Для совершения каждого цикла должна быть нажата кнопка $S_{\text{п}}$.

В противоположность рассмотренной, схема рисунка 5.22, в после нажатия пусковой кнопки обеспечивает многократное перемещение поршня из одного конечного положения в другое.

Наличие промежуточного реле K позволяет удерживать питание в схеме управления в продолжение всей работы. Разница еще и в том, что в этой схеме вместо размыкающего контакта $SQ1$ использован замыкающий. Контакт $IK1$ (самоподхвата) позволяет удерживать питание в цепи катушки $Y1$ при движении поршня к точке C , так как при освобождении кулачком выключателя $SQ1$ его контакты размыкаются.

Характер взаимодействия элементов двух других схем управления (см. рисунок 5.22, *з, д*) студентам предлагается разобрать самостоятельно. Для облегчения этой задачи рассмотрим алгоритм движения поршня. Начальное положение поршня в каждой из этих схем то же, что и в рассмотренных (левое по рисунку, когда кулачок воздействует на $SQ1$). После нажатия пусковой кнопки поршень, управляемый схемой «г», перемещается между крайними положениями, задерживаясь в точке C на некоторое время, задаваемое реле времени KT . Если управление обеспечивается схемой «д», то поршень в каждой из крайних точек задерживается на некоторое время. Для точки B это время задается реле $KT1$, для точки C — реле $KT2$.

Во всех рассмотренных схемах управления, приведенных на рисунке 5.22, при нажатии кнопки остановки S_0 исполнительные элементы ($Y1$, $K1$, KT и др.) теряют питание, распределитель возвращается в исходное (показанное на рисунке 5.22, *a*) состояние. Поршень пневмоцилиндра также возвращается в исходное (левое) положение. Такое же положение займет поршень при внезапном снятии питания со схемы управления.

Расстановкой путевых датчиков по пути перемещения штока и применением трехпозиционного четырехлинейного распределителя можно добиться остановки штока в любой точке на пути его перемещения. Силовая схема гидроцилиндра, обладающего такой способностью, вместе со схемой управления помещены на рисунке 5.23, *a*, *б*. На рисунке 5.23, *в* приведена циклограмма работы цилиндра, отражающая характер перемещения его поршня во времени.

Если схема управления (см. рисунок 5. 23, *б*) отключена, катушки $Y1$ и $Y2$ электромагнитов золотникового распределителя 4 (см. рисунок 5.23, *a*) не получают питания, и он под воздействием центрирующих пружин 5 и 5' находится в центральном, показанном на рисунке, положении. В этом случае жидкость в камерах цилиндра 1 заперта, и его поршень 3 находится в неподвижном состоянии.

После нажатия кнопки S_{II} — «пуск» питание контактом IK промежуточного реле К подается к схеме управления. Дальнейший ход процесса зависит от начального положения поршня. Если поршень находится в крайнем левом положении, то кулачок 2, расположенный на штоке, нажимает на выключатель $SQ1$ (контакт $ISQ1$ в схеме управления замкнут, а $2SQ1$ разомкнут). В этом случае получает питание катушка промежуточного реле $K1$ и катушка $Y1$ распределителя. При отключенной катушке $Y2$ золотник распределителя 4 переместится (по схеме рисунка 5.23, *a* вправо) так, что соединение каналов будет соответствовать левому квадрату условного изображения.

Рабочая жидкость будет подана в левую часть цилиндра, а поршень начнет свое перемещение вправо. Перемещение будет продолжаться даже несмотря на то, что контакт $ISQ1$ разомкнется, так как кулачок при перемещении поршня вправо

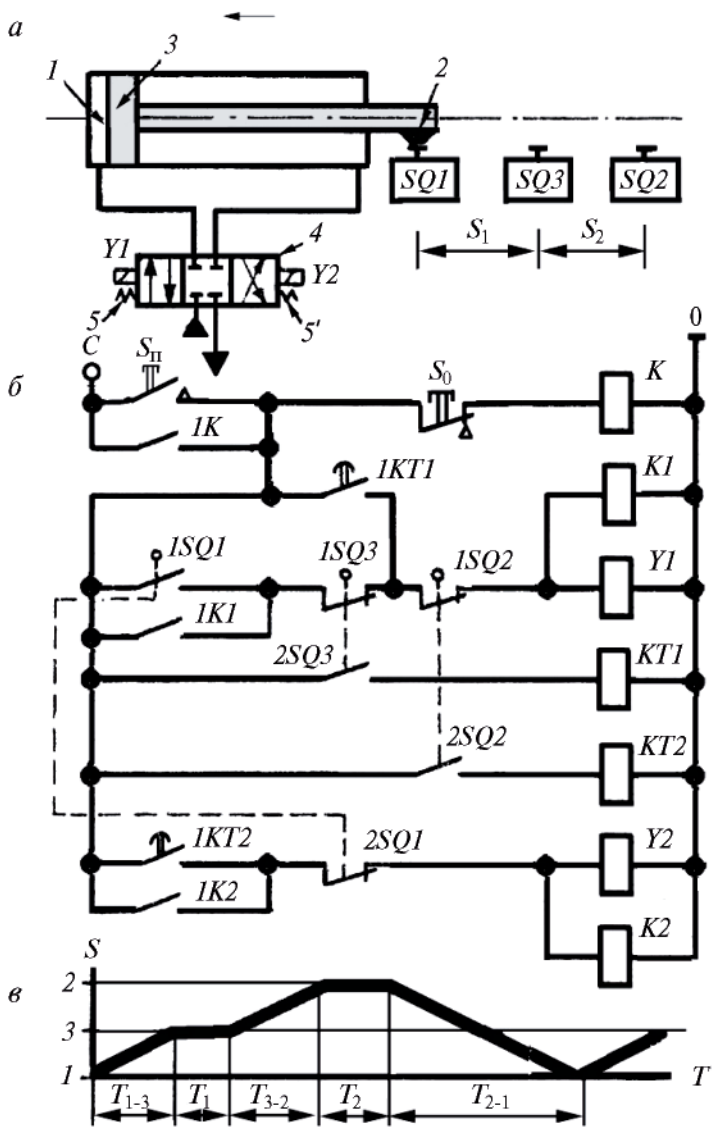


Рисунок 5.23 — Многопозиционный гидропривод:
a — гидросхема; *б* — схема управления; *в* — циклограмма работы

перестанет воздействовать на выключатель $SQ1$. Питание к катушкам $K1$ и $Y1$ будет подаваться через замкнутый контакт $1K1$ самоподхвата.

Как только поршень достигнет выключателя $SQ3$, разомкнется его контакт $1SQ3$ и замкнется $2SQ3$. Первый контакт отключит питание катушек $K1$ и $Y1$. В результате распределитель 4 займет нейтральное положение, перекрыв гидроприводы. Поршень 3 остановится. Контакт $1K1$ разомкнется, создав еще один разрыв в цепи вышеназванных катушек.

Замкнувшийся контакт $2SQ3$ подаст питание к катушке $KT1$ реле времени. По истечении заданного временного интервала $T1$ (см. рисунок 5.23, в) контакт $1KT1$ этого реле замкнется, и снова будет подано питание к катушкам $K1$ и $Y1$. Поршень продолжит свое движение вправо.

Поскольку кулачок 2 освободит выключатель $SQ3$, его контакты вернуться в исходное (указанное на схеме) состояние. Потеряет питание катушка $KT1$, и разомкнется контакт $1KT1$, но катушки $K1$ и $Y1$ будут получать питание через замкнувшиеся контакты $1K1$ и $1SQ3$. Движение поршня вправо продолжится до тех пор, пока не будет нажат выключатель $SQ2$.

Поршень остановится, когда разомкнется контакт $1SQ2$, отключив катушки $K1$ и $Y1$. Распределитель 4 вернется в среднее положение, перекрыв трубопроводы. Одновременно замкнувшийся контакт $2SQ2$ подаст питание к катушке реле времени $KT2$.

После отсчета заданного интервала времени $T2$, в течение которого поршень цилиндра остается неподвижным в крайнем правом положении, замкнется контакт $1KT2$. Получат питание катушка промежуточного реле $K2$ и катушка $Y2$ электромагнита распределителя 4. Золотник распределителя переместится (по схеме рисунка 5.23, а влево) так, что соединение каналов будет соответствовать правому квадрату условного изображения.

Рабочая жидкость будет подана в правую часть цилиндра, и поршень начнет свое перемещение влево. Разомкнувшийся при этом контакт $2SQ2$ отключит питание катушки $KT2$ реле времени, его контакт $1KT2$ разомкнется, но благодаря замкнуто-

му контакту $IK2$ (самоподхват) катушки $Y2$ и $K2$ будут получать питание, и движение поршня не остановится. Замкнувшийся контакт $ISQ2$ подготовит к включению цепи питания катушек $K1$ и $Y1$.

Двигаясь влево, кулачок 2 нажмет выключатель $SQ3$, его контакты $ISQ3$ и $2SQ3$ изменят свое состояние. На некоторое время будет включена катушка реле $KT1$. Если время выдержки, отсчитываемое этим реле, больше времени нахождения контакта $SQ3$ в нажатом состоянии при прохождении кулачка 2 , то к моменту освобождения этого контакта не успеет включиться контакт $IKT1$ реле времени. Никакого влияния со стороны выключателя $SQ3$ на ход поршня влево оказано не будет, т.е. эта точка будет им пройдена без остановки.

Достигнув крайнего левого положения, поршень 3 кулачком 2 воздействует на выключатель $SQ1$. Разомкнется его контакт $2SQ1$ и замкнется $ISQ1$.

В первом случае разорвется цепь питания $K2$ и $Y2$, распределитель 4 возвратится в центральное положение, перекрыв трубопроводы. Поршень остановится. Разомкнувшийся контакт $IK2$ создаст еще один разрыв в цепи питания катушек $K2$ и $Y2$.

Замкнувшийся же контакт $ISQ1$ подаст питание к катушкам $K1$ и $Y1$. После этого весь описанный выше процесс повторится.

Циклограмма, отражающая ход процесса, помещена на рисунке 5.23, в. По оси ординат (в масштабе) отложены расстояния (путь) S между точками 1 , 3 и 2 . По оси абсцисс — (также в масштабе) время T . Меняя взаимное расположение датчиков по ходу поршня и времени выдержек, обеспечиваемые реле времени, можно менять алгоритм движения поршня.

Похожий характер линейного перемещения между заданными точками совершает транспортная тележка с электроприводом, показанная на рисунке 5.24, а. Выполнение заданного алгоритма движения обеспечивается схемой управления (см. рисунок 5.24, б). Тележка перемещается между точками A , B и C , благодаря реверсируемому электродвигателю. Положение тележки в каждой из названных точек контролируется путевыми датчиками $SQ1$, $SQ2$ и $SQ3$ расположенными в каждой из них.

При движении между точками *A*, *B*, и *C* тележка останавливается в каждой из них на заданные интервалы времени, соответственно, *T1*, *T2* и *T3*. При обратном же движении от точки *C* к *A* тележка проходит точку *B* без остановки. Рассмотрим процесс работы, начиная с положения, когда тележка, находится в точке *A*. Воздействие, оказываемое на датчик *SQ1* (см. рисунок 5.24, *a*), вызывает замыкание контакта *1SQ1* и размыкание — *2SQ1* (см. рисунок 5.24, *б*).

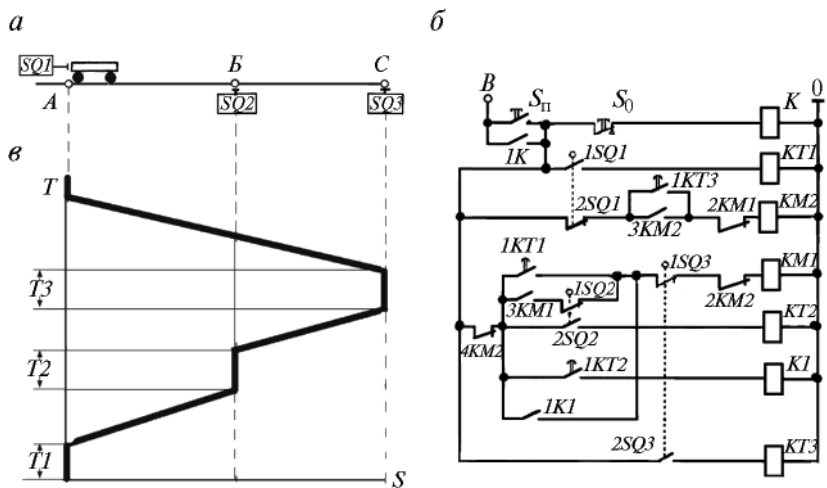


Рисунок 5.24 – Управление перемещением объекта с остановками в заданных точках:

a — размещение датчиков, контролирующих движение; *б* — схема управления; *в* — изменение пройденного объектом пути во времени

Для запуска схемы и приведения тележки в движение необходимо нажать кнопку $S_{\text{н}}$. После этого получит питание катушка промежуточного реле *K*, которое своим замкнувшимся контактом *IK* подаст питание ко всей схеме управления и обеспечит собственное питание (самоподхват) при отпускании кнопки $S_{\text{н}}$. Однако, первоначально получит питание лишь катушка реле времени *KT1*, начав отсчет времени (интервал *T1*). Все остальные цепи схемы управления остаются в этом случае обесточенными (не получают питания).

Отсчитав заданное время, реле $KT1$ сработает и своим замкнувшимся контактом $1KT1$ подаст питание к катушке магнитного пускателя $KM1$, что обеспечит движение транспортной тележки из начальной точки A в направлении к точке B .

Уход тележки из точки A освободит датчик $SQ1$ в результате чего контакт $1SQ1$ разомкнется, а контакт $2SQ1$ замкнется. В результате катушка $KT1$ потеряет питание, и разомкнется ее контакт $1KT1$. Катушка же пускателя $KM1$ будет получать питание через собственный контакт самоподхвата $3KM1$ и замкнутый контакт путевого выключателя (датчика) $1SQ2$, контролирующего положение тележки в точке B .

Достигнув точки B , тележка воздействует на датчик $SQ2$. Разомкнувшийся контакт $1SQ2$ этого датчика отключит цепь питания катушки $KM1$, обеспечив остановку тележки (в точке B). Второй контакт $2SQ2$ этого же датчика подаст питание к катушке реле времени $KT2$, отсчитывающего интервал времени ($T2$), на протяжении которого тележка будет находиться в точке B .

По истечении установленного времени $T2$ сработает реле $KT2$. Замкнувшийся его контакт $1KT2$ подаст питание к катушке $K1$ промежуточного реле. Оно же своим замкнувшимся контактом $1K1$ через замкнутый контакт $1SQ3$ подаст питание к катушке пускателя $KM1$, обеспечив продолжение движения тележки к точке C .

Контакт $1K1$ будет замкнут до тех пор пока тележка не уйдет с датчика $SQ2$ и не освободит его. Контакты $1SQ2$ и $2SQ2$ вернуться в исходное, указанное на схеме, состояние (см. рисунок 5.24, б). При этом восстановится цепь питания катушки $KM1$ через контакт $3KM1$ и замкнувшийся контакт $1SQ2$.

Из-за потери питания катушкой $KT2$ (разомкнулся контакт $2SQ2$), разомкнется его контакт $1KT2$, и снимется питание с катушки реле времени $K1$. Контакт $1K1$ разомкнется, но катушка $KM1$ будет получать питание по собственной цепи подхвата.

После того, как тележка достигнет точки C , будет нажат датчик $SQ3$. Тележка остановится, так как разомкнется контакт $1SQ3$, и потеряет питание катушка $KM1$. Замкнувшийся же контакт $2SQ3$ подаст питание к катушке реле времени $KT3$. Начнется отсчет времени $T3$, установленный для задержки тележки в этой точке.

После срабатывания реле $KT3$ своим замкнувшимся контактом $1KT3$ подаст питание к катушке магнитного пускателя $KM2$. Тележка начнет движение в обратном направлении. Одновременно контакт $4KM2$ пускателя $KM2$ отключит цепи питания катушек $KM1$, $KT2$, $KT4$ и $K1$. Тележка будет двигаться без остановки пока не достигнет точки A , где разомкнувшийся контакт $2SQ1$ путевого датчика разорвет цепь питания катушки $KM2$ и остановит тележку. Замкнувшийся же контакт $1SQ1$ снова подаст питание к реле времени $KT1$. Процесс начнет повторяться.

6 ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

Задание — составить схему ручного и автоматического управления работой моечной машины, упрощенная конструктивная схема которой приведена на рисунке 6.1.

Однокамерная моечная машина имеет перемещающийся кожух 3, верхнее положение которого фиксируется путевым выключателем $SQ2$, нижнее — $SQ4$. Детали 2 подаются в камеру транспортером 1. Нахождение детали в камере моечной машины контролируется путевым выключателем $SQ3$. Детали с ли-

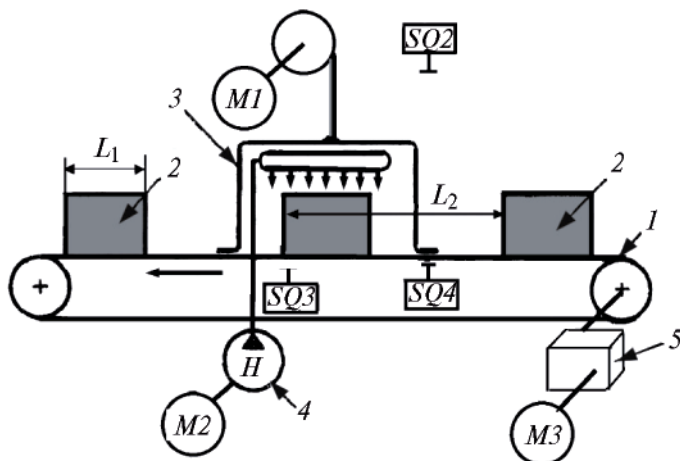


Рисунок 6.1 — Упрощенная схема конструкции моечной машины

нейными размерами L_1 размещаются на конвейере равномерно на некотором расстоянии L_2 друг от друга.

Подъем и опускание кожуха моечной машины обеспечивается реверсируемым электродвигателем $M1$. Для перемещения конвейера служит неревверсируемый электродвигатель $M3$. Мойющий раствор (при ошущенном кожухе) подается насосом 4, приводимым в действие электродвигателем $M2$.

В курсовом и дипломном проектах конструктивная схема механизма (установки) должна быть дополнена силовыми схемами включения всех приводных электродвигателей. Для пневмо- и гидроприводов должны быть показаны все элементы, включая исполнительные механизмы (цилиндры, двигатели и пр.), направляющую и регулирующую аппаратуру, трубопроводы и прочие составные части.

Схемы включения приводных асинхронных электродвигателей рассматриваемой установки не отличаются от схем, показанных на рисунке 5.13, *а*, *б*, и потому здесь не приводятся.

Схема управления работой моечной машины приведена на рисунке 6.2. Для питания выбран источник переменного напряжения (фаза $A-O$). Перевод схемы с ручного (*руч.*) на автоматический (*авт.*) режим работы и обратно осуществляется постановкой в соответствующее положение переключателя $S1$.

Магнитные пускатели $KM1 - KM4$, установленные в схеме и являющиеся ее исполнительными элементами, обеспечивают включение приводных двигателей и выполнение следующих операций: подъем кожуха моечной камеры электродвигателем $M1$ (пускатель $KM1$); опускание кожуха моечной камеры тем же электродвигателем (пускатель $KM2$); однонаправленное перемещение конвейера (пускатель $KM3$); работу насоса и подачу моющего раствора в камеру (пускатель $KM4$).

Реле времени $KT1 - KT3$ отсчитывает временные интервалы, необходимые для обмывки детали в моечной камере в соответствии с технологией производства (реле $KT1$); для перемещения движущимся конвейером детали на расстояние, несколько большее ее длины L_1 (реле $KT2$); для перемещения движущимся конвейером детали на расстояние L_2 от ее начального положения на конвейере до места нажатия на путевой выключатель $SQ3$ (реле $KT3$).

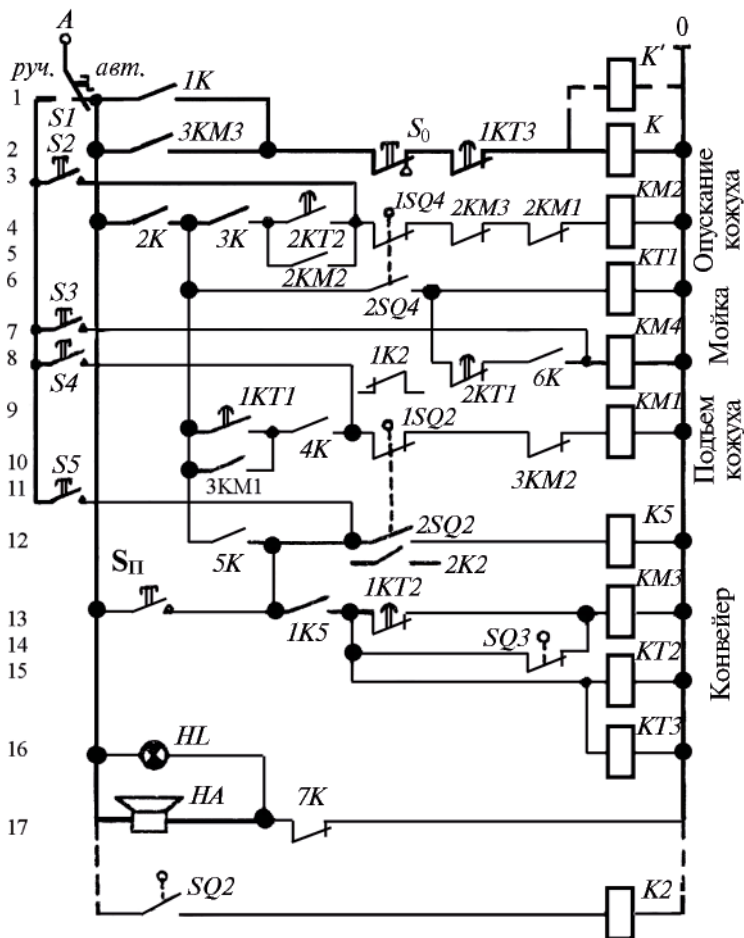


Рисунок 6.2 — Схема автоматического и ручного управления работой моечной машины

Постановка реле времени $KT3$ для отсчета временного интервала вызвана необходимостью исключить длительную работу конвейера при отсутствии на нем обмываемых деталей.

Поскольку схема управления составлена на базе типовых схем, подробно изложенных в предыдущем разделе, рассмотрим основные положения ее работы. В схему введена система

адресов (цифры от 1 до 17, помещенные слева от схемы), позволяющая быстрее отыскивать ее элементы, упоминаемые в описании. Адрес — это номер одной из горизонтальных линий (цепей), на которых расположены элементы схемы. Если в тексте, например, упоминается контакт $2KM3$ (4), то адрес, помещенный в скобках, указывает на то, что этот контакт (его графическое изображение) находится на 4-й горизонтальной линии схемы. Для упрощения схемы управления на ней не показаны исполнительные элементы тепловых реле, защищающих силовые цепи питания электродвигателей от перегрузок.

Рассмотрим автоматический режим работы. После постановки переключателя $S1$ (1) в соответствующее (правое) по приводимой схеме положение через замкнутый контакт $7K$ (17) промежуточного реле K (2) получают питание элементы звуковой HA (17) и световой HL (16) сигнализации, выполняющие в данном случае предупредительные функции.

Начало работы установки обеспечивается нажатием пусковой кнопки S_n (13), при этом необходимо, чтобы кожух моечной камеры находился в одном из крайних положений (поднят — нажат выключатель $SQ2$ или опущен — нажат $SQ4$).

Если кожух опущен, то выключатель $S1$ переставляется в положение «руч.» (ручного управления) и с помощью кнопки $S4$ (8) через замкнутые размыкающие контакты $1SQ2$ и $3KM2$ (9) подается питание к катушке пускателя $KM1$ (9). Кожух поднимается до тех пор, пока не сработает выключатель $SQ2$ и не оборвет размыкающим контактом $1SQ2$ цепь питания катушки $KM1$.

Выключатель $S1$ возвращается в положение «авт.», и снова нажимается кнопка S_n (13). Благодаря замкнутому состоянию замыкающего контакта $2SQ2$ получит питание катушка промежуточного реле $K5$ (12), и своим замкнувшимся контактом $IK5$ (13) обеспечит питание катушек реле времени $KT2$ (15) и $KT3$ (16). Кроме того, чрез замкнутый контакт $IKT2$ (13) получит питание катушка пускателя $KM3$, включив конвейер.

Одновременно, благодаря замкнувшемуся контакту $3KM3$ (2), получит питание катушка промежуточного реле K . При этом через замкнувшийся контакт IK (1) обеспечится дополнитель-

ная цепь питания катушки *K*; подготовятся к работе остальные цепи схемы управления (замкнутся контакты *2K – 6K*); прекратится действие предупредительной сигнализации (разомкнется контакт *7K*).

Через некоторое время после начала работы конвейера разомкнется контакт *1KT2* (13), но конвейер не остановится, так как катушка *KM3* будет получать питание через замкнутый контакт *SQ3* (14). Другой контакт *2KT2* (4) того же реле времени, замкнувшись, подготовит к работе цепь магнитного пускателя *KM2*, которая при работе конвейера остается разомкнутой благодаря *2KM3*. При отсутствии детали на исходной позиции конвейера через заданное время сработает реле *KT3* (16) и своим разомкнувшимся контактом *1KT3* (2) разорвет цепь питания катушки *K*. Схема управления отключится, остановив конвейер и оповестив об этом обслуживающий персонал с помощью светового и звукового сигнала.

Если при включении конвейера на его исходной позиции находилась деталь, требующая обмывки, то она, достигнув выключателя *SQ3*, нажмет его прежде, чем реле *KT3* (16) отсчитает заданную выдержку времени. Конвейер остановится, так как катушка *KM3* (13) потеряет питание.

Замкнувшийся контакт *2KM3* (4) подаст питание к катушке пускателя *KM2*. Кожух начнет опускаться. При этом контакты *1SQ2* (9) и *2SQ2* (12) выключателя *SQ2* возвратятся в исходное (показанное на схеме) положение. Разомкнувшийся контакт *2SQ2* разорвет цепь питания реле *K5*. В результате отключатся реле *KT2* (15) и *KT3* (16) и пускатель *KM3* (13). Так как при этом катушка *KM2* (4) продолжает получать питание через собственный замкнутый контакт *2KM2*, движение кожуха вниз продолжится до тех пор, пока не будет нажат путевой выключатель *SQ4*. Замкнувшийся при этом контакт *2SQ4* (6) подаст питание к катушкам *KT1* и *KM4* (8). Начнет работать насос, подающий в камеру моющий раствор, а реле *KT1* будет отсчитывать необходимое для обмывки время.

По истечении заданного времени двигатель насоса будет остановлен (разомкнется *2KT1*) и получит питание катушка пускателя *KM1* (9) (замкнется *1KT1*). Начавшийся подъем кожу-

ха освободит выключатель $SQ4$, контакты которого вернутся в исходное (показанное на схеме) состояние. Разомкнется цепь питания катушки $KT1$ (6), но катушка $KM1$ (9) будет получать питание через собственный замкнувшийся контакт $3KM1$ (10). Подъем кожуха будет прекращен, когда сработает путевой выключатель $SQ2$, фиксирующий его верхнее положение. Отключение $KM1$ и замыкание контакта $2KM1$ (4) не приведут к включению катушки пускателя $KM2$, цепь которой остается разомкнутой благодаря $2KT2$ и $2KM2$ (5).

Вслед за остановкой кожуха в верхнем положении получит питание катушка $K5$ (12), начнется движение конвейера. Поскольку в этом случае в камере находится обмытая деталь, удерживающая контакты путевого выключателя $SQ3$ в разомкнутом состоянии, то катушка пускателя $KM3$ будет получать питание по цепи замкнутого контакта $1KT2$ (13). Как только обмытая деталь при своем перемещении освободит контакт $SQ3$ (14), он замкнется и создаст дополнительную цепь параллельную $1KT2$ (13). По этой цепи катушка $KM3$ будет получать питание после размыкания контакта $1KT2$, которое наступит раньше, чем деталь, требующая обмытки, попадет в камеру и вызовет размыкание контактов $SQ3$.

Дальнейший ход процесса будет повторяться в порядке, описанном выше. Остановка произойдет или при отсутствии на конвейере детали, требующей обмытки, или по команде оператора, который, нажав кнопку остановки S_0 (2), может отключить всю цепь управления.

Пуск схемы в автоматическом режиме после ее аварийной остановки возможен только после перемещения кожуха в одно из крайних положений (верхнее или нижнее). Для этого используются кнопки $S2 - S5$ ручного управления.

Следует отметить, что при ручном управлении сохраняется действие путевых выключателей и взаимных блокировок.

Конкретный выбор элементов (пускателей, реле, выключателей и др.) для составленной схемы ведется с учетом напряжения цепей питания, мощности коммутируемых цепей, требуемого количества замыкающих и размыкающих контактов.

В таблице 6.1 для рассмотренной схемы дан перечень необходимого количества контактов каждого коммутационного аппарата. При этом учтены лишь контакты, необходимые для реализации схемы управления. Отметим, что все магнитные пускатели ($KM1 - KM4$), кроме контактов, отмеченных в таблице 6.1, имеют по три силовых контакта, обеспечивающих коммутацию цепей соответствующих электродвигателей.

Для выбора необходимых коммутационных аппаратов следует обратиться к таблицам 2 и 3 справочных данных. Трудности возникают с выбором промежуточного реле K , у которого (см. таблицу 6.1) должны быть шесть замыкающих и один размыкающий контакт. Реле МКУ 48с (см. таблицу 2 справочных данных) имеет лишь три замыкающих и три размыкающих контакта. Выходом из создавшегося положения может быть использование двух однотипных реле, катушки которых включаются параллельно. В схеме, помещенной на рисунке 6.2, подключение второй катушки K' показано пунктиром.

В таблице 3 справочных данных для путевых выключателей не указано количество контактов, но они, как правило, выпускаются с двумя контактами (один замыкающий и один размыкающий). Если не удастся подобрать путевой выключатель с необходимым количеством контактов или с контактом нужного действия (размыкающий вместо замыкающего или наоборот), то используют промежуточное реле.

Для примера на схеме рисунка 6.2 пунктиром подключена цепь питания промежуточного реле $K2$, получающего питание через замыкающий контакт $SQ2$ путевого выключателя. Размыкающий ($1K2$) и замыкающий ($2K2$) контакты этого реле могут быть включены в схему вместо контактов $1SQ2$ и $2SQ2$. Таким образом, с помощью дополнительного реле $K2$ удается использовать элемент ($SQ2$) с недостающим количеством контактов.

Таблица 6.1 — Перечень контактов коммутационных аппаратов, вошедших в схему управления рисунка 6.2

Наименование аппарата	Обозначение аппарата на схеме	Контакты						
		Р	3	3	3	3	3	3
Магнитные пускатели	<i>KM1</i> <i>KM2</i> <i>KM3</i> <i>KM4*</i>	<i>2KM1</i> <i>3KM2</i> <i>2KM3</i>	<i>3KM1</i> <i>2KM2</i> <i>3KM3</i>					
Реле промежуточные	<i>K</i> <i>K5</i>	<i>7K</i>	<i>1K</i> <i>1K5</i>	<i>2K</i>	<i>3K</i>	<i>4K</i>	<i>5K</i>	<i>6K</i>
Реле времени	<i>KT1</i> <i>KT2</i> <i>KT3</i>	<i>2KT1</i> <i>1KT2</i> <i>1KT3</i>	<i>1KT1</i> <i>2KT2</i>					
Путевые выключатели	<i>SQ2</i> <i>SQ3</i> <i>SQ4</i>	<i>1SQ2</i> <i>1SQ3</i> <i>1SQ4</i>	<i>2SQ2</i> <i>2SQ4</i>					
Кнопки и переключатели	<i>S1</i> <i>S2</i> <i>S3</i> <i>S4</i> <i>S5</i> <i>S_п</i> <i>S_о</i>	+	+					

7 ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ

При автоматизации производственных процессов очень важно бывает еще на стадии проектирования оценить ожидаемую надежность устройств автоматики. Надежность технического изделия отражает его способность выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение требуемого промежутка времени. Надежность — один из важнейших показателей качества изделия.

Для определения количественных показателей надежности пользуются теорией вероятностей и математической статисти-

кой. Оценку надежности ведут, используя следующие основные критерии [34]: вероятность безотказной работы устройства $P(t)$ в течение заданного отрезка времени; интенсивность отказов $\lambda(t)$; среднюю наработку до первого отказа T_{cp} .

Под интенсивностью отказов неремонтируемого устройства понимают отношение количества $\Delta n(t)$ отказавших устройств в единицу времени к среднему их числу, исправно работающему в рассматриваемый отрезок времени Δt , т.е.

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t)}{n_{\text{cp}} \Delta t},$$

где $n_{\text{cp}} = \frac{n_i + n_{i+1}}{2}$ — среднее число исправно работающих устройств в интервале Δt ;
 n_i — число исправных образцов в начале рассматриваемого интервала;
 n_{i+1} — в конце.

Статистические исследования показывают, что для большинства технических устройств интенсивность отказов в процессе нормальной работы остается постоянной $\lambda = \text{const}$. В этих условиях вероятность безотказной работы может быть представлена убывающей экспоненциальной функцией времени.

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

где λ — средняя постоянная величина интенсивности отказов в долях единиц на час работы;
 t — время работы устройства, для которого определяется надежность.

В рассматриваемых условиях ($\lambda = \text{const}$) средняя наработка до первого отказа может быть найдена как:

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{\lambda}.$$

В справочной литературе [14] для элементов обычно приводят наименьшее, среднее и наибольшее значения интенсивности отказов, так как значение этого критерия для одного и того же элемента зависит от большого числа факторов (технология производства, условия работы и др.). В таблицах 12 и 13 справочных данных приведены значения интенсивности отказов для ряда элементов, используемых при автоматизации производственных процессов для компоновки силовых схем и схем управления.

Необходимо отметить, что подавляющее большинство данных, приведенных в таблице 13 справочных данных, относится к элементам гидроприводов. Для пневмоприводов таких данных в настоящей работе привести не удалось. Однако следует учесть, что элементы пневмосхем выдерживают в два — три раза большее количество рабочих циклов, чем элементы гидросхем. На этой основе можно рекомендовать для учебных целей при оценке надежности пневмосхем опираться на показатели надежности гидроэлементов того же назначения, вводя необходимую корректировку.

При оценке надежности сложного устройства, составленного из отдельных элементов, учитывают влияние отказа каждого из элементов на работоспособность всего устройства. Если отказ отдельного элемента (любого) приводит к отказу устройства, то говорят о последовательности (с позиций теории надежности) соединении элементов. В этом случае вероятность безотказной работы устройства определяется как произведение вероятностей безотказной работы его элементов, т.е.

$$P_y = P_1(t) \cdot P_2(t) \dots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

где $P_i(t)$ — вероятность безотказной работы i -го элемента устройства.

Это уравнение с учетом (7.2) можно записать как

$$P_y = e^{-\lambda_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 t} \dots e^{-\lambda_n t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_n \dots) t}. \quad (7.3)$$

При анализе надежности сложных устройств приходится принимать в расчет и случаи параллельного соединения эле-

ментов, входящих в состав устройства. С позиции теории надежности параллельное соединение элементов имеет место там, где при отказе одного из них его функции продолжает выполнять другой. Таким образом, устройство, состоящее из параллельного соединенных элементов, продолжает работать при отказе одного из них. В таком случае говорят о резервировании. Вероятность безотказной работы устройства, состоящего из параллельного соединения элементов, определяется как

$$P_y = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P_i(t)]. \quad (7.4)$$

Для примера оценим вероятность безотказной работы схемы управления, помещенной на рисунке 5.18, б.

Неожиданные для расчета сведения об интенсивности отказов элементов, входящих в состав этой схемы, возьмем из таблицы 13 справочных данных. Более полные данные можно найти в [34, 35].

Для удобства расчетов необходимые данные для всех элементов, входящих в рассматриваемую схему, сведены в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 — Интенсивность отказов элементов схемы рисунка 5.18, б

Наименование элементов	λ , $1/\text{ч} \cdot 10^{-6}$	Количество в схеме, n	$\lambda_i \cdot n_i$, $1/\text{ч} \cdot 10^{-6}$
Реле электромагнитное	0,5	1	0,5
Путевой выключатель	0,14	2	0,28
Реле времени	0,75	2	1,5
Кнопки	0,11	2	0,22
Пускатели	16,1	2	32,2
$\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot n_i = 34,7 \cdot 10^{-6}$			

Пользуясь уравнением (7.3), легко находим, что за время $t = 1000$ ч вероятность безотказной работы схемы будет равна

$$P_y(1000) = e^{-34,7 \cdot 1000 \cdot 10^{-6}} = 0,966.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 — Технические характеристики отечественных промышленных роботов

Модель робота	Грузо-подъемность, Кгс	Число степеней подвижности	Число рук	Привод *	Наибольший вылет руки, мм	Масса, кг
НАПОЛЬНЫЕ						
Универсал 5.02	5	6	1	Э	700	810
Циклон 5.01	52	6	2	П	1465	660
Циклон 5.02	52	7	2	П	1465	880
КМ.10Ц 42.01	10	3 или 4	2	П	2314	930
РФ 1001 С	5	4	1	П	1000	100
ИТЭ кар	5	4	1	П	1100	500
Универсал 15М	15	6	1	Э-М	2294	2100
Универсал 50М	50	5	1	Э-Г-М	1810	1500
Универсал60I	60	6	1	Э-Г	2844	2300
Универсал 60П	60	6	1	Э-Г	200	2300
ПОДВЕСНЫЕ						
СМ 30Ц 43.11	80	3	1	Г	300	2800
РС-25П	25	6	1	Г	400	2850
РС-40-Ц	40	5	1	Г	730	3000
УМ 160 Ф2.81.01	160	4	1	Г	2300	6500
СМ 160 Ф2.05.01	320	3	1	Г	1800	6500

* П — пневматический; Г — гидравлический; Э — электрический.

Т а б л и ц а 2 — Сравнительные данные коммутационных аппаратов

Тип аппарата	Данные обмотки			Параметры отключаемой цепи			Контакты			Продолжительность выдержки, с	
	Род тока	Напряжение, В	Потребляемая мощность, Вт, В·А	Род тока	Напряжение, В	Сила тока, А	Главные	3*	Р**		3*
Контакты											
КНТ 2	Переменный	27–380	15,6–76	Переменный	До 380	10–200	–	3	–	2	2
		127–300	15,6–76				–	3	–	3	2
КНТ4	Переменный	127–300	15,6–76	Переменный	До 380	10–200	–	3	–	2	1
КПВ 600	Постоянн.	110,220	30–70	Постоянн.	220	63–630	–	1	–	2	2
		–	–				–	–	–	–	–
Магнитные пускатели:											
ПМЕ-112	Переменн.	380	130 пуск	Переменн.	380–500	10	–	3	–	4	4
							–	3	–	4	4

Продолжение таблицы 2

Тип аппарата	Данные обмотки			Параметры отключаемой цепи			Контакты			Продолжительность выдержки, с		
	Род тока	Напряжение, В	Потребляемая мощность, Вт, ВА	Род тока	Напряжение, В	Сила тока, А	Главные	З*	Р**		З*	Р**
ПМЕ-114	Переменный	380	130 пуск	Переменные	380-500	10	—	6	—	2	—	2
		380	160 пуск		380-500	6	—	6	—	2	—	2
		380	160 пуск		380-500	25	—	3	—	3	—	2
ПМЕ-214М	Переменный	380	160 пуск	Переменные	380-500	14	—	6	—	2	—	2
		380	160 пуск		380-500	14	—	6	—	2	—	2
		380	160 пуск		380-500	25	—	6	—	6	—	2
Реле: МКУ-48с	Постоянн.	48	0,5	Постоянн.	48	от 0	—	2	—	—	—	—
		110	2		110	0,2-5	2	2	М	—	—	—
МКУ-48с	Переменн.	127	31,6	Переменн.	127	0,2-5	2	2	2	—	—	—
		220	25,6		220	0,2-5	3	3	—	—	—	—

Тип аппарата	Данные обмотки		Параметры отключаемой цепи			Контакты			Продолжительность выдержки, с	
	Род тока	Напряжение, В	Потребляемая мощность, Вт, ВА	Род тока	Напряжение, В	Сила тока, А	Главные	Вспомогательные		
						3*	Р**	3*	Р**	
Реле времени										
Моторное ЭВ 200	Переменные	127, 220, 380	—	—	2,5	1	1	—	—	0,1–20
		РВ-4 моторное	127, 220, 380	—	—	2,5	1	1	—	—
е510	Переменные	110 и 220	—	—	2	—	4	—	—	1–360
		РЭВ 810	12–220	—	—	1,2	1,2	—	—	0,25–3,8
РЭВ-816	Постоянные	24–220	—	110–660	10	2	—	—	—	0,5–1,5
		РЭВ-884	24–40	—	110–660	10	1	3	—	5–10

* 3 — замыкающий контакт, **Р — размыкающий контакт.

Таблица 3 — Основные данные некоторых датчиков

Область применения	Тип	Параметры		
		Род тока	Напряжение, В	Ток, А
Контроль перемещения (путевые датчики)	ВК-200	Переменный	380	6,3
	ВК-200	Постоянный	220	6,3
	ВП-700	Переменный	380	1,0
	ВПМ-21	—	—	0,3±0,6
Контроль температуры	ММТ-12 ММТ-1	Сопротивление	Диапазон температур, °С	
			–60....+125	
			60....+125	
	ТСП (платина)			
	50П	0,0047–1,0 кОм	–200....+650	
	100П	1–220 кОм при 20°С	–200....+650	
	ТСМ (медь)			
	50М	50 Ом при 0°С	–50...+200	
100М	100 Ом при 0°С	–50...+200		

Таблица 4 — Основные данные асинхронных короткозамкнутых двигателей серии 4А

Тип двигателя	Мощность, кВт	Отношение вращающего момента к номинальному			КПД, %	Cosφ
Закрытые обдуваемые двигатели, частота вращения 3000 об/мин						
4AA50A2Y3	0,09	2,2	2,0	1,2	60	0,61
4AA50B2Y3	0,12	2,2	2,0	1,1	63,5	0,62
4AA56B2Y3	0,25	2,2	2,0	1,2	69,0	0,70
4AA63B2Y3	0,55	2,2	2,0	1,2	75	0,80
4A71A2Y3	0,75	2,2	2,0	1,2	18,5	0,82
4A71B2Y3	1,1	2,2	2,0	1,2	79,9	0,82
4A80A2Y3	1,5	2,2	2,0	1,2	81,5	0,8
4A80B2Y3	2,2	2,2	2,0	1,2	83,5	0,83
4A902Y3	3,0	2,2	2,0	1,2	85,5	0,85
4A1002Y3	4,0	2,2	2,0	1,2	88,0	0,86
4A1002Y3	5,5	2,2	2,0	1,2	88,0	0,88
4A112M2Y3	7,5	2,2	2,0	1,0	87,5	0,83
4A132M2Y3	11,0	2,2	1,6	1,0	88,0	0,87
4A1602Y3	15,0	2,2	1,4	1,0	88,0	0,89

Окончание таблицы 4

Тип двигателя	Мощность, кВт	Отношение вращающего момента к номинальному			КПД, %	Cosφ
4A160M2Y3	18,5	2,2	1,4	1,0	88,5	0,90
4A180Y3	22,0	2,2	1,4	1,0	88,5	0,88
4A180M2Y3	30,0	2,2	1,4	1,0	90,5	0,88
Частота вращения 3000 об\мин						
4AA50A4Y3	0,06	2,2	2,0	1,2	50,0	0,51
4AA56A4Y3	0,12	2,2	2,0	1,2	63,0	0,56
4AA56B4Y3	0,18	2,2	2,0	1,2	64,0	0,53
4AA63A4Y3	0,25	2,2	2,0	1,2	68,0	0,54
4A71A4Y3	0,55	2,2	2,0	1,6	70,0	0,59
4A71A4Y3	0,75	2,2	2,0	1,6	73,0	0,64
4A80A4Y3	1,1	2,2	2,0	1,6	76,0	0,73
4A80A4Y3	1,5	2,2	2,0	1,6	76,0	0,73
4A904Y3	2,2	2,2	2,0	1,6	81,5	0,76
4A1004Y3	3,0	2,2	2,0	1,6	83,0	0,77
4A1004Y3	4,0	2,2	2,0	1,2	85,0	0,79
4A112M4Y3	5,5	2,2	2,0	1,2	86,5	0,8
4A112M4Y3	7,5	2,2	2,0	1,2	87,5	0,83
4A1324Y3	11,0	2,2	2,0	1,2	88,0	0,84
4A160M4Y3	18,5	2,2	1,4	1,0	90,5	0,86
4A1804Y3	22,0	2,2	1,4	1,0	90,0	0,82
4A180M4Y3	30,0	2,2	1,4	1,0	91,0	0,88
Частота вращения 1000 об\мин						
4AA63B6Y3	0,25	2,2	2,0	1,2	59,05	0,51
4AA71B6Y3	0,55	2,2	2,0	1,6	68,5	0,60
4A80A6Y3	0,75	2,2	2,0	1,6	69,5	0,65
4A80B6Y3	1,1	2,2	2,0	1,6	75,0	0,65
4A906Y3	1,5	2,2	2,0	1,6	76,0	0,66
4A1006Y3	2,2	2,2	2,0	1,6	82,0	0,66
4A112MA6Y3	3,0	2,2	2,0	1,6	82,0	0,69
4A112MB6Y3	4,0	2,2	2,0	1,6	83,0	0,74
4A1326Y3	5,5	2,2	2,0	1,6	84,0	0,69
4A132M6Y3	7,5	2,2	2,0	1,6	85,0	0,74
4A1606Y3	11,	2,2	1,2	1,0	87,5	0,83
4A160M6Y3	15,0	2,2	1,2	1,0	88,5	0,84
4A180M6Y3	18,5	2,2	1,2	1,0	89,0	0,84
4A200M6Y3	22,0	2,2	1,2	1,0	91,0	0,88
4A2006Y3	30,0	2,2	1,2	1,0	91,0	0,88


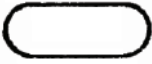
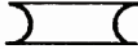



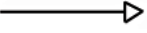






Таблица 5 — Основные данные двигателей постоянного тока (1000 об\мин)

Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$, кВт	n_n , об\мин	η , %	$n_{\text{макс}}$, об\мин
П11	0,13	1000	59,0	2000
П12	0,2	1000	66,0	2000
П21	0,3	1000	71,5	2000
П31	0,7	1000	74,0	2000
П32	1,0	1000	79,5	2000
П41	1,5	1000	75,0	2000
П42	2,2	1000	77,0	2000
П62	8,0	1000	84,5	2000
П71	11,0	1000	79,0	2000
П72	14,0	1000	81,0	2000
П81	19,0	1000	82,0	2000

Таблица 6 — Характеристики редукторов

Типоразмер редуктора	Номинальные передаточные числа	Межосевое расстояние, мм
Цилиндрические одноступенчатые, (ГОСТ 21426-75)		
ЦУ-100	2; 2,5; 2,24	100
ЦУ-160	3,15; 4,0; 2,8; 3,55	160
ЦУ-200	5,0; 4,5	200
ЦУ-250	6,3; 5,6	250
Цилиндрические двухступенчатые, (ГОСТ 20758-75)		
Ц2У-100	8; 10; 12,5;	100
Ц2У-125	16	125
Ц2У-160	18; 20; 22,4; 25	160
Ц2У-200	28; 31,5	200
Ц2У-250	35,5; 40	250
Червячные цилиндрические, (ГОСТ 13563-68)		
РЧУ-40	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	40
РЧУ-50	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	50
РЧУ-63	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	63
РЧУ-80	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	80
РЧУ-100	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	100
РЧУ-125	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	125
РЧУ-160	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	160
Червячные универсальные		
Ч-40	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	40
Ч-63	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	63
Ч-80	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	80

Таблица 7 — Условные графические и буквенные обозначения отдельных элементов гидро- и пневмосхем

Наименование элемента	Графическое изображение	Буквенное изображение
Бак: под атмосферным давлением		Б
с внутренним давлением выше атмосферного		Б
с внутренним давлением ниже атмосферного		Б
Подвод жидкости		
Слив жидкости		
Подвод воздуха		
Выпуск воздуха в атмосферу		
Поток жидкости или газа в одном направлении		
Насос постоянной производительности (с постоянным направлением потока)		Н
Гидромотор нерегулируемый с постоянным направлением потока		М
Компрессор		КМ
Пневмомотор нерегулируемый с постоянным направлением потока		
Цилиндр (гидро- и пневмо-)		Ц

Продолжение таблицы 7

Наименование элемента	Графическое изображение	Буквенное изображение
Клапан обратный		КО
Насос с регулируемой производительностью, с приводом от электродвигателя		
Распределитель 4/2 с управлением: от кулачка с пружинным возвратом		Р
от электромагнита с пружинным возвратом		Р
от двух электромагнитов		Р
от давления		Р
Распределитель 3/2 с управлением от электромагнита с пружинным возвратом		Р
Распределитель 4/3 с управлением от электромагнита с пружинным возвратом		Р
Распределитель 2/2 с управлением от рукоятки с фиксатором		Р
Клапан предохранительный (ограничивающий максимальное давление P с собственным управлением		КП

Окончание таблицы 7

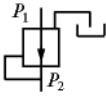





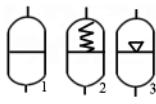

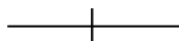
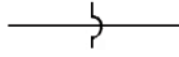

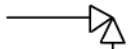

Наименование элемента	Графическое изображение	Буквенное изображение
Клапан редукционный, гидравлический		КР
Регулятор давления пневматический		РД
Дроссель регулируемый		ДР
Фильтр		Ф
Влагоотделитель		ВД
Аккумулятор пневматический, ресивер		РС
Гидроаккумулятор: 1 — без указания принципа действия		АК
2 — пружинно-гидравлический		
3 — пневмогидравлический		
Трубопровод		
Соединение трубопроводов		
Перекрещивание трубопроводов		
Вентиль (клапан) запорный:		
проходной		ВН
угловой		
трехходовой		

Таблица 8 — Основные показатели насосов моторов НМШ

Показатель	Тип насоса			
	НМШ 0,03	НМШ 0,06	2НМШ 0,06	2НМШ 0,09
Производительность при 1480об\мин и КПД 0,9, л/мин (дм ³ /с)	40(0,67)	80(1,34)	80(1,34)	120(2)
Номинальное давление, кгс\см ² (МПа)	100(10)	80(8)	100(10)	80(8)
Количество напорных потоков	1	1	2	2
Потребляемая мощность, кВт	10,3	20,6	20,6	31
Мощность мотора при $n = 1000$ об\мин, кВт	3,43	6,9	6,9	10,3
Масса, кг	17,8	21,2	33,7	36,2

Таблица 9 — Основные показатели выпускаемых промышленностью гидропневмоцилиндров типа ЦРГП

Показатель	Тип цилиндра	
	ЦРГП $\frac{50 \div 36}{500}$	ЦРГП $\frac{50 \div 36}{1000}$
Давление воздуха, кгс\см ² (МПа)	номинальное	10(1,0)
	максимальное	16(1,6)
Давление масла, кгс\см ² (МПа)	номинальное	25(2,5)
	максимальное	32(3,2)
Диаметр поршня, мм	50	50
Диаметр штока, мм	36	36
Ход поршня, мм	500	1000

Т а б л и ц а 10 — Основные показатели направляющей и регулирующей гидроаппаратуры

Наименование и тип аппарата	Показатели						Давление регулируемое, МПа	
	Условный проход, мм	Давление входное, МПа			Расход, л/мин			
		млн	ном.	макс.	мин	ном.		макс
Клапан обратный								
Г51-31	8				16	25		
Г51-32	10	0,25	20	22	32	50		
Г51-33	16				63	100		
Г51-34	20				125	160		
Г51-37	50				800	900		
Фильтр тонкой очистки								
ФГС32	32		32		40	160		
Дроссель								
ДР12	12		32		25	40		
ДР20	20				63	100		
ДР32	32				160	250		
Клапан редуционный								
МКРВ – 16/3Ф2Р3	16				100	200		
– 25/3Ф2Р3	25		32	35	160	320	1,5-31	
– 32/3Ф2Р3	32				450	750		

Продолжение таблицы 10

Наименование и тип аппарата	Показатели							Давление регулируемое, МПа
	Условный проход, мм	Давление входное, МПа		Расход, л/мин				
		млн	ном.	макс.	мин	ном.	макс	
Клапан предохранительный								
МКПВ-16/3Ф2РЗ	16		32	35		63	160	5–35
МКПВ-25/3Ф2РЗ	25					320	400	
Клапан гидроуправляемый (4/2 – распределитель)								
МКГБ-16/3Ф1Р	16		32	35		100	200	
МКГВ-25/3Ф1Р	25					160	450	
Аккумулятор пневмогидравлический								
								Емкость, дм ³
АПГ-Б 2,5/20			20					2,5
АПГ-Б 10/20			20					10
АПГ-Б 40/20			20					40

Таблица 11 — Основные показатели направляющей и регулирующей пневмоаппаратуры

Наименование и тип аппарата	Показатели			
	Условный проход, мм	Давление номинальное, МПа	Расход воздуха, м ³ /мин, при давлении 0,63 МПа	Пропускная способность K_y , л/мин
Клапан обратный				
B51-12	8	0,63	0,36	7
B51-13	10		0,58	11
B51-14	16		1,16	23
B51-15	20		2,30	46
Распределитель пятилинейный				
4152550100	12	0,1	—	2,36
4152550110	16	1,0	—	46

Таблица 12 — Интенсивность отказов отдельных элементов электросхем

Наименование элемента	Значение интенсивности отказов		
	Набольшее	Среднее	Наименьшее
Выключатели (тумблер)	0,123	0,06	0,15
Выключатели автоматические	0,4	0,137	0,045
Выключатели тепловые	0,5	0,3	0,25
Генераторы переменного тока	2,94	0,7	0,033
Генераторы постоянного тока	6,24	0,9	0,3
Датчики уровня жидкости	3,37	2,6	1,47
Датчики давления	6,6	3,5	1,7
Датчики температуры	6,4	3,3	1,5
Диоды германиевые	0,38	0,3	0,23
Диоды кремниевые	0,25	0,2	0,15
Лампы накаливания	32,0	8,0	5,2
Муфты электромагнитные	0,93	0,6	0,95
Переключатели	0,14	0,05	0,009
Переключатели кнопочные	0,11	0,063	9,043
Предохранители проволочные	0,83	0,5	0,38
Пускатели	16,1	10,0	3,03
Реле электромагнитные	0,5	0,3	0,11

Продолжение таблицы 12

Наименование элемента	Значение интенсивности отказов		
	Набольшее	Среднее	Наименьшее
Реле времени	0,75 на контакт	0,39 на контакт	0,11 на контакт
Реостаты	0,19	0,13	0,07
Соединители электрические	0,47	0,2	0,03
Трансформаторы	0,62	0,2	0,07
Транзисторы	1,02	0,61	0,38
Электродвигатели	7,5	0,625	0,15
Элементы нагревательные	0,04	0,02	0,01

Таблица 13 — Интенсивность отказов отдельных элементов гидро- и пневмосхем

Наименование элемента	Интенсивность отказов, λ , 10^{-6} 1/ч		
	Наибольшая	Средняя	Наименьшая
Насосы:			
шестеренчатые нерегулируемые,	13,0	9,0	6,0
аксиально-поршневые			
с электроприводом	27,4	8,7	2,25
Гидродвигатели	7,15	4,3	1,45
Силовые гидроцилиндры	0,12	0,01	0,005
Золотниковые распределители	—	1,0	—
Баки	2,52	1,5	0,48
Гидропневматические аккумуляторы	7,5	6,8	0,35
Регуляторы давления	15,98	4,25	0,89
Фильтры	1,62	0,79	0,01
Клапаны предохранительные	14,1	5,7	0,224
Соединения трубопроводов	2,01	0,03	0,012
Клапаны обратные	15,31	5,7	3,41
Дроссели	—	0,5	—
Датчики давления	—	3,5	—
Разъемы	—	0,18	—
Датчики обратной связи:			
потенциометрические,	—	3,0	—
индукционные	—	2,0	—

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Болотин М.М., Новиков В.Е. системы автоматизации производства и ремонта вагонов: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Маршрут, 2004. — 310.

2. Скиба И.Ф., Ежиков В.А. Комплексно-механизированные поточные линии в вагоноремонтном производстве. — М.: Транспорт, 1982. — 135 с.

3. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1988. — 392 с.

4. Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Пер. с англ. / Под ред. Ш. Нофа. — М.: Машиностроение. Кн. 1, 1989. — 480 с. Кн. 2, 1990. — 480 с.

5. Ножевников А.М. Поточно-конвейерные линии ремонта вагонов. — М.: Транспорт, 1980. — 136 с.

6. Перельман Д.Я., Норкин Я.А., Скиба И.Ф. и др. Комплексная механизация и автоматизация ремонта подвижного состава. — М.: Транспорт, 1977. — 280 с.

7. Технология вагоностроения и ремонта вагонов: Учеб. для вузов / В.С. Герасимов, И.Ф. Скиба, Б. М. Кернич и др., Под ред. В.С. Герасимова. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1983. — 381 с.

8. Майзель М.М. Автоматика, телемеханика и системы управления производственными процессами. — М.: Транспорт, 1977.

9. Кузнецов М.М., Волчкевич Л.И., Замчалов Ю.П. Автоматизация производственных процессов. — М.: Высшая школа. 1978. — 431 с.

10. Чекваскин А.Н., Семин В.Н., Стародуб К.Я. Основы автоматики. — М.: Энергия. 1977. — 448 с.

11. Буль Б.К., Буль О.Б., Азанов В.А., Шоффа В.Н. Электромеханические аппараты автоматики: Учеб. для вузов. — М.: Высшая школа. 1988, — 303 с.

12. Коробков Ю.С., Флора В.Д. Электромеханические аппараты автоматики. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 334 с.

13. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро и пневмо приводов: Учеб. для студентов по спец. «Гидравличес-

кие машины, гидроприводы и гидроавтоматика». — М.: Машиностроение, 1991. — 384 с.

14. Столбов Л.С., Перова А.Д., Ложкин О.В. Основы гидравлики гидропривод станков: Учеб. для техникумов. — М.: Машиностроение, 1988. — 256 с.

15. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. — М.: Машиностроение, 1972. — 320 с.

16. Герц Е.В., Кудрявцев А.В., Ложкин О.В. и др. Пневматические устройства и системы в машиностроении. Справочник / Под ред. Е. В. Герц. — М.: Машиностроение, 1981.

17. Герц Е.В., Крейнин Г. В. Расчет пневмоприводов: Справочное пос. — М.: Машиностроение, 1975.

18. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода: Учеб. для вузов. М.: Энергия, 1971. — 432 с.

19. Приводы машин: Справочник. Л.: Машиностроение, 1982. 383 с.

20. ГОСТ 2.701-84. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

21. ГОСТ 2.704-76. ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.

22. ГОСТ 2.702-75. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

23. ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

24. ГОСТ 2.756-76. ЕСКД. Воспринимающая часть электро-механических устройств.

25. ГОСТ 2.755-74. ЕСКД. Устройства коммутационные и контактные соединения.

26. ГОСТ 2.730-73. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.

27. ГОСТ 2.728-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

28. ГОСТ 2.708-68. ЕСКД. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей.

29. ГОСТ 2.781-68. ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая. Гидравлическая и пневматическая.

30. ГОСТ 2.784-70. ЕСКД. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов.
31. ГОСТ 2.782-68. ЕСКД. Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические.
32. ГОСТ 2.785-70. ЕСКД. Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная.
33. Справочник по электроустановкам промышленных предприятий / Под общ. ред. И.Е. Боричева, А. И. Даниленко, А.М. Храмушина, Ф.Б. Якубовского. Т.1. Проектирование электроустановок промышленных предприятий / Под ред. Большама, В.А. Грачева, М.Л. Самовера. Ч.2. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 598 с.
34. Теплотехнический справочник. Изд. 2-е перераб. / Под ред. В.И. Юренева П.Д. Деева. Т. 1. — М.: Энергия, 1975. — 744 с.
35. Электротехнический справочник: В 3-х томах. — М.: Энергия, 1980.
36. К л ю е в А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пос. — М.: Энергия, 1980.
37. Гидравлическое оборудование: отраслевой каталог. — М.: ВНИИ-Гидропривод, 1986.
38. Е р м о л и н Н.П., Ж е р и х и н И.П. Надежность электрических машин. — Л.: Энергия, 1976.
39. Элементы автоматики: Справочник / Под ред. Р.А. Нелепина. — Л.: Судостроение, 1976.
40. В л а с о в С.Н., П о з д н е е в Б.М., Ч е р п а к о в Б.И. Транспортные устройства и робототехника. Учеб. для техникумов. — М.: Машиностроение, 1988. — 144 с. ГОСТ 2.708-68. ЕСКД. Обозначения условные графические. ГОСТ 2.708-68. ЕСКД. Обозначения условные графические.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	3
2 Основные задачи и методы автоматизации производственных процессов	4
3 Задачи и порядок выполнения проекта	8
4 Анализ производственных процессов, принципов и средств управления	10
5 Рекомендации по выполнению основных разделов проекта	14
5.1 Выбор привода	14
5.2 Выбор конструкции установки и компоновка силовых схем	22
5.3 Расчет основных параметров приводов	33
5.4 Составление алгоритма функционирования	42
5.5 Разработка и описание схем управления	45
5.5.1 Основные требования к электрическим схемам и порядок их разработки	45
5.5.2 Основные требования к пневмо- и гидросхемам и краткие сведения об их элементах	48
5.5.3 Типовые схемы управления работой электродвигателя	52
5.5.4 Типовые схемы управления работой пневмо- и гидроцилиндров	64
6 Пример разработки схемы управления производственным процессом	78
7 Оценка надежности устройств автоматики	85
Приложение	89
Рекомендуемая литература	104

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ВАГОНОВ

Методические указания
к выполнению курсового и дипломного проектов

Редактор *Г.В. Тимченко*
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

Переиздание

Тип. зак.	Изд. зак. 218	Тираж 700 экз.
Подписано в печать 14.09.09	Гарнитура NewtonС	Офсет
Усл. печ. л. 6,75		Формат 60×90 _{1/16}

Издательский центр
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2