

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 18.12.2021 15:04:31
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

(ЮЗГУ)

08 2016 г.

Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств

**Методические указания к выполнению практической и
самостоятельной работы)**

**для студентов направления 15.03.06 Мехатроника и
робототехника**

Курск 2016

УДК 62.83

Составители: А.В. Мальчиков

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Е.Н. Политов

Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств: методические указания по выполнению практической и самостоятельной работы по дисциплине «Электрические приводы мехатронных и робототехнических устройств» для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Мальчиков. Курск, 2016. 50 с., табл. 1. ил. 49.

Изложен план проведения семинарских (практических) занятий по дисциплине «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств», подробно рассмотрены примеры применения различных типов электродвигателей в реальных устройствах. Рассмотрены конструкции и особенности работы различных мехатронных приводов, а также вопросы для самостоятельного рассмотрения.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением (УМО).

Предназначены для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 5.08.2016 . Формат 60x84 1\16
Усл.печ.л. 2,78 .Уч.изд.л. 2,5.Тираж 50 экз.Заказ. 753 Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Содержание

Планируемые результаты обучения по дисциплине	4
Практическое занятие № 1 Исследование конструкции привода оптических дисков	6
Практическое занятие № 2 Исследование работы мехатронного привода видеомаягнитофона	10
Практическое занятие № 3 Исследование работы электропривода заслонки системы климат-контроля	17
Практическое занятие № 4 Исследование работы электропривода бытовой автоматической стиральной машины.....	35
Практическое занятие № 5 Гидравлический привод	45

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств»

Целью изучения курса является освоение студентами основ анализа, проектирования и эксплуатации современных электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических устройств.

Основными задачами изучения дисциплины являются: подготовка научно-исследовательской и производственно-технологической работе в области современных электрических и гидравлических приводов мехатронных и робототехнических систем; разработке, получение навыков проектирования, модернизации и механизации оборудования, автоматизации технологических процессов на базе локальных средств, выбору, разработке и внедрению электрических и гидравлических приводов, управлению технологическими процессами и производствами; овладение методами решения научно-исследовательских и прикладных задач, возникающих при проектировании электрических и гидравлических приводов для мехатроники и робототехники; изучению основных характеристик и специальных требований к гидравлическим системам и рациональных методов их обеспечения; изучению состава, принципа действия и тенденции развития гидравлического оборудования мехатронных и робототехнических устройств; обучение навыкам поиска и анализа профильной научно-технической информации, необходимой для решения конкретных инженерных задач, в том числе при выполнении междисциплинарных проектов.

Процесс изучения дисциплины «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств» направлен на формирование следующих компетенций в

соответствии с учебным планом и федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Мехатроника и робототехника» [1]:

ПК-1 способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники

ПК-12 способность разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями

ПК-13 готовность участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний

Практическое занятие № 1 Исследование конструкции привода оптических дисков

Цель занятия: ознакомиться с устройством и принципом работы привода оптических компакт-дисков.

Краткая теория

1. Принцип чтения-записи оптических компакт-дисков

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную подложку толщиной 1,2 мм, покрытую тончайшим слоем металла (алюминий, золото, серебро и др.) и защитным слоем лака, на котором обычно наносится графическое представление содержания диска. Принцип считывания через подложку был принят, поскольку позволяет весьма просто и эффективно осуществить защиту информационной структуры и удалить её от внешней поверхности диска. Диаметр пучка на внешней поверхности диска составляет порядка 0,7 мм, что повышает помехоустойчивость системы к пыли и царапинам. Кроме того, на внешней поверхности имеется кольцевой выступ высотой 0,2 мм, позволяющий диску, положенному на ровную поверхность, не касаться этой поверхности. В центре диска расположено отверстие диаметром 15 мм. Вес диска составляет приблизительно 15,7 г.

Компакт-диски имеют в диаметре 12 см и изначально вмещали до 650 Мбайт информации. Однако, начиная приблизительно с 2000 года, всё большее распространение стали получать диски объёмом 700 Мбайт.

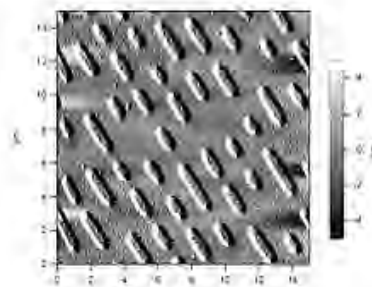


Рис.1.1 Поверхность CD-диска под электронным микроскопом

Информация на диске записывается в виде спиральной дорожки так называемых питов (углублений), выдавленных в поликарбонатной основе. Каждый пит имеет примерно 100 нм в глубину и 500 нм в ширину. Длина пита варьируется от 850 нм до 3,5 мкм. Промежутки между питами называются лендом. Шаг дорожек в спирали составляет 1,6 мкм.

Различают диски только для чтения («алюминиевые»), CD-R — для однократной записи, CD-RW — для многократной записи. Диски последних двух типов предназначены для записи на специальных пишущих приводах

2. Устройство и принцип работы привода компакт-дисков

В конструкции привода компакт-дисков можно выделить несколько основных приводных элементов (рис. 1.2):

- привод вращения диска 1;
- привод перемещения оптической головки 2;
- привод лотка диска 3;

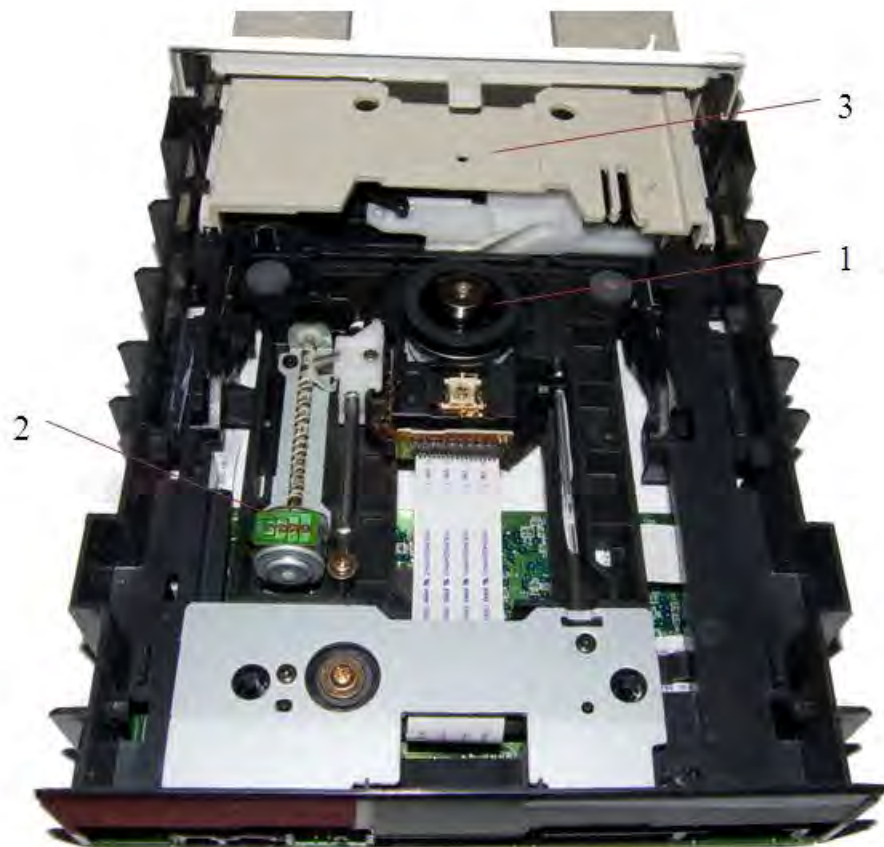


Рис. 1.2 Конструкция устройства:

Считывание информации с компакт-диска, так же как и запись, происходит при помощи лазерного луча.

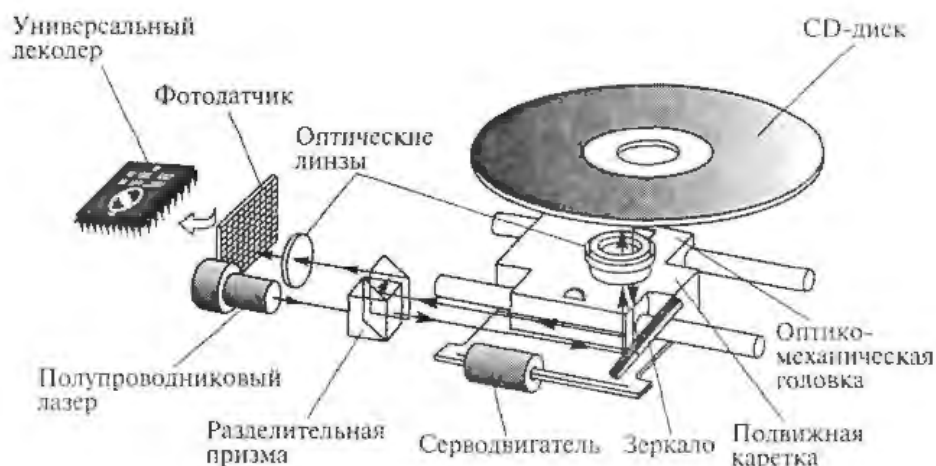


Рис. 1.3 Схема считывания информации с поверхности диска

Поверхность оптического диска (CD-ROM) перемещается относительно лазерной головки с постоянной линейной скоростью, а угловая скорость меняется в зависимости от радиального положения головки. Таким образом, чтение внутренних дорожек осуществляется с увеличенным, а наружных - с уменьшенным числом оборотов.

Шаговый электродвигатель посредством винтовой передачи перемещает оптическую головку, что позволяет точно позиционировать лазерный луч на конкретную дорожку.

Луч проникает сквозь защитный слой пластика и попадает на отражающий слой алюминия, серебра или золота на поверхности диска. При попадании его на выступ, он отражается на детектор и проходит через призму, отклоняющую его на светочувствительный диод. Если луч попадает в «ямку» (пит), он рассеивается, и лишь малая часть излучения отражается обратно и доходит до светочувствительного диода. На диоде световые импульсы преобразуются в электрические; яркое излучение преобразуется в единицы, слабое – в нули. Таким образом, ямки воспринимаются дисководом как логические нули, а гладкая поверхность как логические единицы.

Контрольные вопросы:

1. Каков принцип работы привода оптических дисков?
2. Как производится чтение информации с оптического диска?
3. Перечислите основные приводные элементы устройства.
4. Какие типы приводов используются в устройствах чтения/записи дисков и почему?
5. Какие механические передачи используются в устройстве?

Практическое занятие № 2 Исследование работы мехатронного привода видеомagnитофона

Цель занятия: ознакомиться с устройством и принципом работы видеомagnитофона.

1. Теоретические сведения

Конструкция видеомagnитофона (ВМ) представляет сложную электромеханическую систему с автоматизированным управлением рядов процессов.

Схема лентопротяжного механизма видеомagnитофона формата VHS:

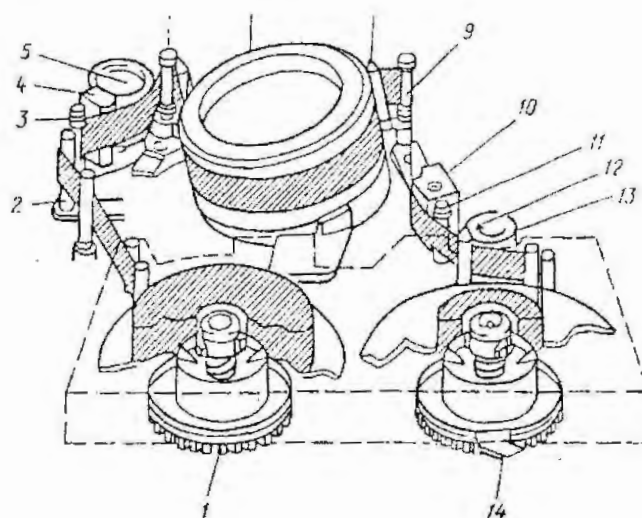


Рис. 2.1. Лентопротяжный механизм

- 1 – подкатушечник подающего узла,
- 2 – штифт натяжения,
- 3, 11 – направляющий штифт на подающей и приемной сторонах соответственно,
- 4 – головка общего стирания,
- 5 – инерционный ролик,
- 6 – направляющий ролик на подающей и приемной сторонах (заправочный штифт) соответственно,
- 7 –вращающийся барабан,

- 8 – наклонная направляющая,
- 10 – стойка звуковой головки и головки канала управления,
- 12 – ведущий вал,
- 13 – прижимной ролик,
- 14 – подкатушечник приемного узла.

Кассета с лентой устанавливается в приемный отсек, а специальный механизм заправки вытягивает ленту из кассеты и заправляет ее в лентопротяжный механизм. Подвижные направляющие стойки вытягивают ленту из кассеты, прижимают ее к барабану видеоголовок и к стационарным головкам. Затем обеспечивается плавное движение ленты в рабочих режимах без рывков и вертикальных перемещений относительно плоскости расположения катушек. Для постоянного натяжения ленты, охватывающей барабан, служит механизм обратного натяжения, который воздействует на тормоз таким образом, чтобы натяжение ленты оставалось неизменным (0,3 -0,4Н).

Схемы управления двигателями видеомагнитофонов. Драйверы коллекторных двигателей. В видеомагнитофонах применяются два типа двигателей постоянного тока — коллекторные и прямоприводные. Двигатели первого типа предназначены для приведения в действие механизмов загрузки кассеты, заправки-расправки магнитной ленты в лентопротяжный механизм (ЛПМ) и осуществления переключения ЛПМ в различные режимы работы. Прямоприводные двигатели применяются в качестве приводов ведущего вала (ВВ) и блока вращающихся головок (БВГ). В некоторых моделях ВМ выполнение функций коллекторных двигателей возложено на двигатель ведущего вала.

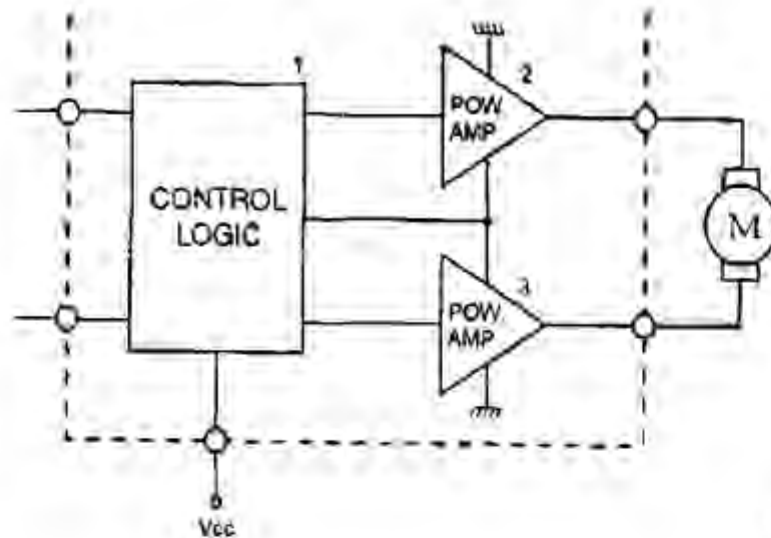


Рис. 2.2. Структурная схема драйвера коллекторного двигателя постоянного тока: 1—логическая схема; 2, 3 — усилители мощности; 4 — двигатель

Управление этими двигателями осуществляется специальными схемами (как правило, в интегральном исполнении) — драйверами по командам с процессора системного контроля (ПСК) и системы серворегулирования видеомагнитофона. Драйверы коллекторных двигателей постоянного тока представляют собой обычный мостовой усилитель мощности со специальной логической схемой, управляющей транзисторными ключами этого усилителя по командам с ПСК. Кроме того, в состав этих драйверов входят схемы термической и токовой защиты, предохраняющие интегральную схему от выхода из строя в случае межвиткового замыкания в обмотках двигателя и нарушения термического режима микросхемы.

Драйверы прямоприводных двигателей. Практически во всех современных бытовых видеомагнитофонах применяются прямоприводные электродвигатели постоянного тока, которые называются также бесколлекторными, вентильными или электронными двигателями, поскольку коммутация катушек обмотки статора у них осуществляется электронным способом по

сигналам датчика положения ротора (ДПР). Эти двигатели при использовании в видеомагнитофонах должны удовлетворять следующим требованиям: малая неравномерность мгновенной скорости вращения; низкий уровень акустических шумов; небольшие габариты, масса и потребляемая мощность; высокая надежность и низкая стоимость.

Типичной конструкцией прямоприводного электродвигателя постоянного тока (ПДПТ), позволяющей уменьшить габариты двигателя и сделать его плоским, является конструкция с осевым рабочим зазором. Особенности такого двигателя являются наличие магнитной системы торцевого типа с магнитным потоком, направленным вдоль оси вращения двигателя, и плоских катушек статора, расположенных между магнитом ротора и ярмом статора.

Вращающий момент в двигателе создается в результате взаимодействия магнитного потока в промежутке между полюсами магнита ротора и основанием статора с проводниками обмотки, по которым протекает электрический ток. Управление коммутацией катушек обмотки статора в зависимости от положения полюсов магнита ротора осуществляется специальной схемой (драйвером) по сигналам датчиков положения ротора. На практике нашли применение двух- и трехфазные двигатели. В таких двигателях магнит ротора имеет, как правило, шесть-восемь полюсов. Сам магнит изготавливают из магнитотвердых материалов на основе порошка феррита различных металлов. Катушки каждой фазы имеют многослойную намотку одним или двумя проводами с числом витков 60... 100. Катушки статора после намотки пропитывают лаком, получая монолитную бескаркасную обмотку, и приклеивают ее к печатной плате, расположенной на основании двигателя.

Большое число катушек статора, как и полюсов магнита ротора способствует равномерности скорости вращения. Однако, широкое распространение получили ПДПТ с небольшим числом катушек, так как увеличение их числа приводит к усложнению

конструкции самой катушки, статора и схемы драйвера, а, следовательно, — к удорожанию узла в целом.

Принцип работы системы управления и контроля видеомагнитофона. ВМ имеют следующие основные режимы работы: "Запись", "Воспроизведение", "Стоп", "Ускоренная перемотка вперед", "Обратная перемотка", "Замедленное воспроизведение" и "Стоп-кадр". Переключение ЛПМ из одного режима в другой осуществляется с помощью системы управления, которая в современных ВМ реализована на микропроцессорной базе. Эта система также управляет коммутацией электрических сигналов, поступающих на входы и выходы усилителей записи и воспроизведения, включением генераторов стирания, подмагничивания и т. д. Перед подачей соответствующих рабочих команд система, управляющая ЛПМ, должна получить и обработать информацию о текущем состоянии механизма и правильности выполнения предшествующих команд управления. Протекание этих режимов во времени постоянно контролируется для предотвращения повреждений ВМ или ленты. При отклонении от нормальных значений происходит автоматическое отключение ВМ. Например, включение режимов не должно происходить в условиях повышенной влажности окружающей среды, при неправильно вставленной в ЛПМ кассете или обрыве в цепи питания светодиода автостопа и т. п. Система управления и контроля имеет следующие главные задачи:

Обработать команды, подаваемые с функциональных кнопок.

Не передавать ошибочные команды или организовывать их в правильную последовательность сигналов.

Постоянно контролировать правильность выполнения режимов с помощью системы контроля.

Среди датчиков, собирающих информацию для ЦПУ, необходимо в первую очередь отметить два конечных выключателя, определяющих наличие/отсутствие кассеты в

кассетоприемнике. Эти выключатели определяют также правильность установки кассеты.

Концевой переключатель, определяющий положение кассеты (верх/низ), дает информацию об окончании загрузки или выброса кассеты. Он определяет, опущен или поднят кассетоприемник.

Датчики начала и конца ленты представляют собой фотодатчики, которые срабатывают при прохождении прозрачного ракорда и определяют начало или конец ленты.

Датчик БВГ получает, обрабатывает и выдает информацию о вращении верхней вращающейся части барабана. Источником этой информации является магнитная головка, закрепленная на нижней неподвижной части барабана. Перед ней вращается диск с закрепленными на нем постоянными магнитами. Магнитная головка вместе с диском, на котором закреплены магниты, представляет собой таходатчик БВГ.

В состав датчика БВГ входят частотный детектор и формирователь сигнала таходатчика. На выходе частотного детектора во время вращения барабана возникает постоянный сигнал. Наличие этого сигнала - необходимое условие для начала движения ленты в режимах записи и воспроизведения. С формирователя сигнала таходатчика стробирующие импульсы поступают в САР БВГ.

Специальные датчики используются для передачи системе управления ЛПМ информации о завершении заправки ленты в лентопротяжный тракт или, наоборот, о возврате ленты в кассету.

Датчик запрета записи предназначен для определения сохранности флажка защиты записи у вставленной в кассетоприемник кассеты. Поступающий с этого датчика сигнал запрещает включение записи, если на вставленной кассете выломан флажок запрета записи.

Состояние поверхности барабана характеризует датчик "росы". Этот датчик реагирует на изменение температурного режима как верхней, так и нижней частей барабана и обнаруживает

конденсацию росы на его поверхности. Это необходимо потому, что к влажной поверхности лента прилипает и перестает двигаться. Обычно датчик "росы" реагирует на конденсацию влаги на барабане, если температурный перепад между барабаном и окружающим воздухом превышает 5°C, и передает соответствующую информацию в ЦПУ системы управления ЛПМ.

Режим работы ВМ выбирается с помощью органов управления, расположенных на его лицевой панели или по цепям дистанционного управления. Для этого ЦПУ постоянно опрашивает состояние соответствующих переключателей и кнопок на панели управления и устройства для ввода команд дистанционного управления. Также постоянно с ЦПУ выводится информация о текущем режиме работы ВМ на соответствующие элементы индикации режимов.

Контрольные вопросы:

1. Каков принцип работы видеоманитфона?
2. Как производится чтение информации магнитной ленты?
3. Перечислите основные приводные элементы устройства.
4. Какие типы двигателей используется в устройствах чтения/записи дисков и почему?
5. Какие механические передачи используются в устройстве?

Практическое занятие № 3 Исследование работы электропривода заслонки системы климат-контроля

Цель занятия: Исследование работы электропривода заслонки системы климат-контроля.

Мощные электрические приводы находят широкое применение в разнообразных областях техники, роботостроении, бытовой техники, строительстве, системах климат-контроля и т.д. С их помощью можно получить большой крутящий момент при относительно небольших размерах.

Темой данной работы является разработка управляемого привода заслонки. Используемый в работе электропривод может быть использован для автоматического регулирования больших жалюзи для систем климат-контроля. Данные системы смогут обеспечивать несколько режимов работы. Ручной режим: предназначен для полного открытия и полного закрытия штор, например, полное проветривание и охлаждение помещения в химических лабораториях и зданиях работающих с вредными и едкими химическими веществами. Автоматический режим может поддерживать заданную температуру и климат в помещении в течении всего рабочего времени. Это очень важно для поддержания комфортных условий на рабочем месте.

Задание: разработка управляемого привода заслонки, для этого необходимо решить следующие подзадачи:

- выбрать электродвигатель;
- разработать механическую часть привода (редуктор);
- разработать систему управления приводом, обеспечивающую работу в двух режимах;
- выполнить стенд, наглядно поясняющий работа данного устройства.

Разработка основных узлов системы. В качестве привода заслонки используется асинхронный серводвигатель с редуктором.

Общие сведения об асинхронных двигателях. Понятие асинхронной машины связано с тем, что ротор ее имеет частоту вращения, отличающуюся от частоты вращения магнитного поля статора. Буква "а" здесь играет как бы роль отрицания или нестрогого следования ротора за синхронно вращающимся магнитным полем статора. Создателем этой простой по конструкции, но удобной и надежной в работе машины является русский инженер М.О. Доливо-Добровольский. Асинхронный двигатель, впервые разработанный в 1889 году, практически не подвергся серьезным изменениям до наших дней.

В основу конструкции асинхронного двигателя положено создание системы трехфазного переменного тока, принадлежащее этому же автору. Переменный ток, подаваемый в трехфазную обмотку статора двигателя, формирует в нем вращающееся магнитное поле. Основными конструктивными элементами асинхронного двигателя являются неподвижный статор и подвижный ротор (рис. 3.1). Статор и ротор разделены воздушным зазором от 0,1 мм до 1,5 мм. Пакет статора с целью уменьшения потерь на вихревые токи набирают из штампованных листов электротехнической стали. На внутренней полости статора имеются пазы, в которые укладываются провода обмотки. Листы статора перед сборкой в пакет изолируют слоем лака или окалины, полученной при их отжиге.

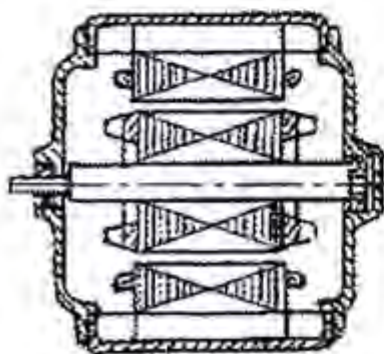


Рис.3.1. Общий вид асинхронного двигателя

В пазы статора укладывают обмотку, которая в простейшем случае состоит из трех катушек - фаз, сдвинутых в пространстве на 120 эл. градусов. Ротор асинхронного двигателя представляет собой цилиндр, набранный из штампованных листов электротехнической стали. На поверхности ротора имеются продольные пазы для обмотки. Листы сердечника ротора специально не изолируют, т.к. в большинстве случаев достаточно изоляции от окалина.

В зависимости от типа обмотки роторы двигателей обычного исполнения делятся на короткозамкнутые и фазные.

Обмотка короткозамкнутого ротора представляет собой медные стержни, забитые в пазы. С двух сторон эти стержни замыкаются кольцами. Соединения стержней с кольцами осуществляется пайкой или сваркой.

Чаще всего короткозамкнутую обмотку выполняют расплавленным, алюминием и литьем под давлением. При этом вместе со стержнями и кольцами отливаются и лопасти вентилятора.

Принцип действия асинхронного двигателя. Вращающееся магнитное поле статора пересекает проводники обмотки ротора и наводит в них ЭДС. Так как роторная обмотка замкнута, то в проводниках ее возникают токи. Ток каждого проводника, взаимодействуя с полем статора, создает электромагнитную силу - FЗМ. Совокупность сил всех проводников обмотки создает электромагнитный момент М, который приводит ротор во вращение в направлении вращающегося поля.

Частота вращения ротора n_2 будет всегда меньше синхронной частоты n_1 т.е. ротор всегда отстает от поля статора.

$$n_2 = n_1(1 - S) = \frac{60f}{\pi}(1 - S)$$

Обмотка ротора асинхронного двигателя электрически не связана с обмоткой статора. В этом отношении двигатель подобен трансформатору, в котором обмотка статора является первичной

обмоткой, а обмотка ротора -вторичной. Разница состоит в том, что ЭДС в обмотках трансформатора наводится неизменяющимся во времени магнитным потоком, а ЭДС в обмотках двигателя - потоком постоянным по величине, но вращающимся в пространстве. Эффект в том и в другом случаях будет одинаковым. В отличие от вторичной обмотки трансформатора, неподвижной, обмотка ротора двигателя вместе с ним вращается.

ЭДС роторной обмотки, в свою очередь, зависит от частоты вращения ротора. В этом нетрудно убедиться, анализируя процессы, протекающие в асинхронном двигателе.

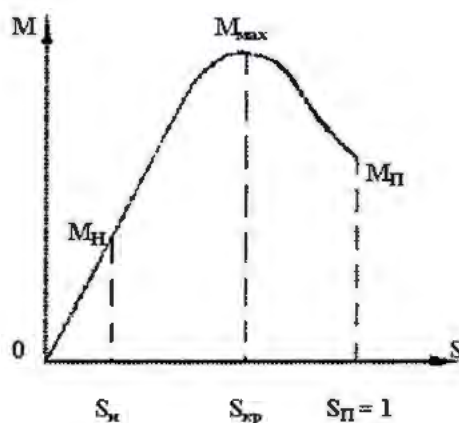


Рис. 3.2 Механическая характеристика асинхронного двигателя

Рабочие характеристики асинхронного двигателя. Эти характеристики снимаются экспериментально и представляют собой зависимость I_1 , M_2 , n_2 , $\cos\varphi_{кр}$, η от нагрузки на валу двигателя P_2 .

Примерный вид характеристик приведен на рис. 3.3

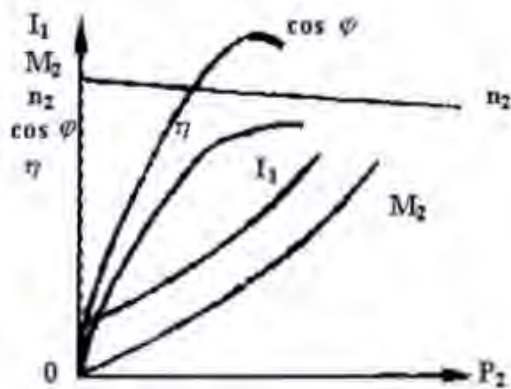


Рис. 3.3 Рабочие характеристики асинхронного двигателя

Пуск, регулирование частоты вращения и торможение асинхронного двигателя. На практике замечено, что ток, потребляемый обмоткой статора в первый момент пуска двигателя, очень большой. В ряде случаев он превышает номинальный ток в 6 - 10 раз.

Такой нагрузки может не выдержать не только питающая сеть, но и сама обмотка статора. Поэтому для пуска крупных асинхронных двигателей применяют специальные устройства, снижающие пусковой ток. На рис. 6. показаны схемы пуска мощных двигателей с помощью реакторов и автотрансформатора.

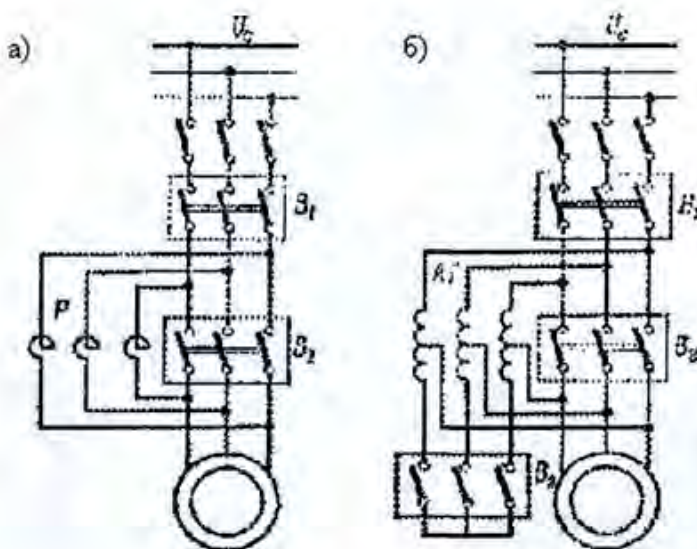


Рис. 3.4 Схемы пуска асинхронного двигателей

Принцип ограничения тока заключается в том, что к статорной обмотке двигателя на период пуска подводится

пониженное напряжение. После разгона его дополнительные устройства от двигателя отключаются.

Иногда для снижения напряжения, подаваемого в обмотки статора, изменяют схему переключения обмоток. Например, асинхронный двигатель нормально работает по схеме "треугольник". Если на период пуска его обмотки включить "звездой", то на каждую фазу придется напряжение в $\sqrt{3}$ раз меньшее.

Двигатели с фазным ротором пускаются в работу с помощью дополнительных сопротивлений. Вводя дополнительные сопротивления в цепь ротора, добиваются ограничения пускового тока.

Здесь возможны три различных способа реализации:

Первый заключается в изменении частоты тока f , подаваемого в обмотки двигателя. Этот способ позволяет осуществлять плавное регулирование частоты вращения двигателя. Регуляторы частоты тока пока еще очень дороги, поэтому они мало применяются.

Второй способ связан с изменением пар полюсов p на статоре.

Укладывая на статоре несколько обмоток, рассчитанных на различные числа пар полюсов ($p=1, 2, 3, 4$), можно обеспечить различные частоты вращения магнитного поля (соответственно: 3000, 1500, 1000, 750 об/мин). Подключение к сети необходимой обмотки производится специальным переключателем.

Этот способ регулирования ступенчатый, но в ряде металлообрабатывающих станков он нашел самое широкое применение (например, для привода продольно-строгального станка при рабочем и обратном ходе).

Третий способ регулирования частоты вращения возможен лишь для двигателей с фазным ротором. Здесь изменение скольжения S достигается введением в цепь ротора регулировочных сопротивлений. Такие схемы широко используются на грузоподъемных кранах.

К категории регулирования вращения вала двигателя относится так называемое реверсирование, т.е. изменение направления вращения на обратное. Осуществляется оно путем изменения порядка чередования фаз обмотки статора. На рис. 3.5 показана схема изменения направления вращения вала двигателя.

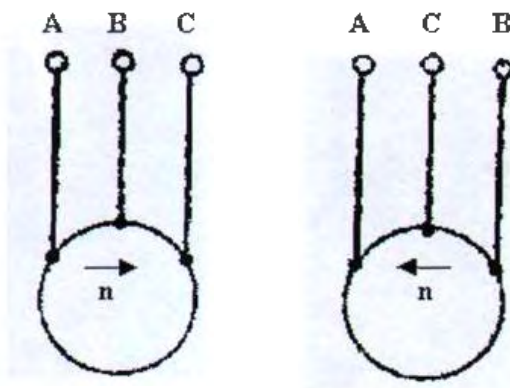


Рис. 3.5 Реверсирование двигателя

Торможение асинхронного двигателя может быть механическим и электрическим.

К механическим относятся торможения муфтами, электромагнитными лентами, колодками и т.д. Иногда применяют электродинамическое торможение, когда после отключения двигателя от сети переменного тока в его обмотки подается постоянный ток. В этом случае постоянное магнитное поле заметно сокращает выбег ротора.

Чаще используется торможение "противовыключением". После отключения двигателя от сети его кратковременно включают на вращение в обратную сторону. Как только оставшаяся частота вращения ротора n_2 станет равной нулю, двигатель отключается от сети.

Однофазные асинхронные двигатели. Статор однофазного двигателя имеет однофазную обмотку, которая занимает $2/3$ общего числа пазов статора. Ротор - коротко-замкнутый.

При подключении к сети однофазная статорная обмотка создает не вращающийся, а пульсирующий магнитный поток с

амплитудой Φ . Этот поток может быть искусственно разложен на два вращающихся потока Φ_I и Φ_{II} , каждый из которых равен $\Phi/2$. Обозначим Φ_I прямым потоком, а Φ_{II} -обратным. Частота вращения каждого потока - $n_{II}=4im=n_I$.

Переходя к токам I_2 , которые, как известно, обратно пропорциональны сопротивлениям x_2 , можно записать: $I_{2I} \gg I_{2II}$ -

Вращающие моменты двигателя пропорциональны магнитным потокам статора и токам в обмотке ротора. ($M \sim \Phi I_2$).

Исходя из значений токов I_{2I} и I_{2II} и учитывая, что $\Phi_I = \Phi_{II}$ можно записать:

Следовательно, если ротор двигателя уже вращается в сторону прямого потока, то он будет продолжать вращаться в этом направлении. Тормозящее воздействие M_{II} не будет оказывать заметного влияния на работу двигателя.

Вспомним, что мы условно предполагали вращение ротора в сторону прямого потока Φ_I . А если бы он вращался вначале в сторону обратного потока Φ_{II} ?

Тогда, проведя аналогичные рассуждения, можно заключить, что ротор будет устойчиво вращаться в сторону обратного потока. Рассмотрим механическую характеристику однофазного двигателя (рис. 3.6).

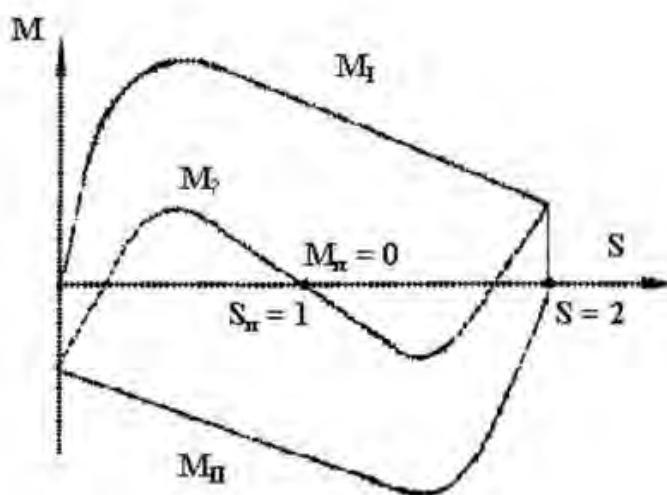


Рис. 3.6 Механическая характеристика однофазного двигателя

Из характеристики $M=f(S)$ видно, что при пуске, когда $S=1$, пусковой момент $M_{\Pi}=0$. Двигатель при включении его в сеть сам не начнет вращаться. Необходим его сдвиг в ту или иную сторону.

Если сдвинуть точку M_{Π} влево от $S = 1$, то момент будет положительным, если вправо - отрицательным.

Другими словами, направление устойчивого вращения ротора двигателя будет зависеть от направления первоначального импульса. Проведенный анализ показал, что однофазный двигатель нуждается в принудительном пуске.

Пусковые устройства могут быть механическими (пуск от руки) и электрическими. Первый способ пуска практически выжил себя, и на его смену пришел второй - электрический.

Для создания необходимого пускового момента однофазный двигатель снабжается дополнительной пусковой обмоткой. Эта обмотка размещается в оставшейся незаполненной 1/3 пазов. Однофазный двигатель, таким образом, превратился в двухфазный. Двухфазный двигатель обладает вращающимся магнитным полем, если выполнены два обязательных условия.

Первое условие состоит в пространственном сдвиге рабочей и пусковой обмоток на 90 эл. градусов. Такое условие, легко реализуется на заводе-изготовителе.

Второе обязательное условие диктуется сдвигом по фазе тока в пусковой обмотке на 90° относительно тока в рабочей обмотке. Выполнение этого условия связано с включением в пусковую обмотку фазосдвигающего элемента, например, конденсатора (рис. 3.7).

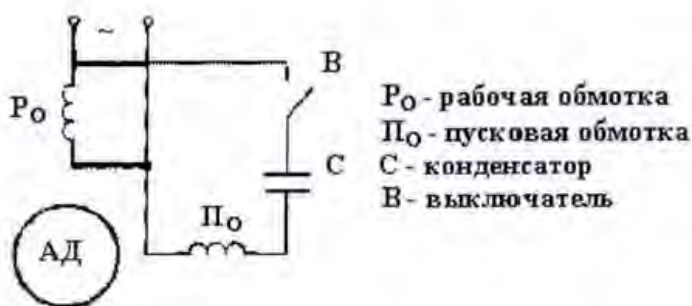


Рис. 3.7 Схема включения однофазного двигателя

После того как ротор двигателя придет во вращение, пусковую обмотку П0 отключают. Делается это с помощью выключателя В. Иногда в бытовой технике отключение пусковой обмотки производится автоматически по ходу разгона двигателя.

В данной работе использовался асинхронный серводвигатель КЛИМАКТ. КР 5/40. Ниже приведено описание двигателя и методика его установки.

Описание двигателя. Рычажный серводвигатель КЛИМАКТ состоит из плоской основной плиты, в отверстиях которой насажены валы с зубчатыми колесами. Быстроходные валы помещены в шариковых подшипниках, тихоходные колесные пары поворачиваются в бронзовых заливках. Выходной вал помещен в шариковых подшипниках, которые вставлены в два фланца, которые с обеих сторон сжимают основную плиту. У всех колесных механизмов передние прямые зубчатые зацепления. Для обеспечения самоторможения выходного вала на вале электродвигателя находится механический тормоз, который тормозит вал электродвигателя для его остановки. Этот тормоз частично нагружает электродвигатель при работе серводвигателя вхолостую, но уже при половинной нагрузке серводвигателя он не работает.

Основное оснащение серводвигателя содержит:

- Электродвигатель с конденсатором;
- 2 концевых выключателя;
- > 2 сигнальных выключателя.

У каждого выключателя самостоятельно регулируемый кулачок.

Технические данные серводвигателя КЛИМАКТ КР 5/40

Крутящий момент	5 кп
Максимальный угол поворота кулачка	90°
Электродвигатель	8 Вт, 220 В, 0,1 А
Относительная продолжительность включения	30 %

Установка серводвигателя. При установке рычажного серводвигателя КЛИМАКТ поступают следующим образом:

- Ослабляются винты 4 и 5, которые предохраняют кулачки 6, 7, 8, 9.
- Серводвигатель устанавливается ручным управлением в положение
- «закрыто» (кулачки поворачиваются против часовой стрелки).

После подтяжки окончательного положения «закрыто» поворачивается кулачок 7 против часовой стрелки до времени, когда кулачок наедет на выключающую пружину выключателя KPZ. Если вмонтированы сигнальные выключатели, возможно в тоже время установить кулачок 8 для выключателя SZ таким же образом как кулачок 7.

Легко подвинчиваются винты 4 и 5, чтобы при дальнейшей установке не повредить установленное положение кулачков 7 и 8.

Серводвигатель устанавливается в положение «открыто» (кулачки поворачиваются по часовой стрелке).

Ослабляются винты 4 и 5, и поворачивается кулачок 6 по часовой стрелке до времени, когда кулачок наедет на выключающую пружину выключателя КРО. Аналогично установить кулачок 9 для выключателя SO. Внимание! При установке кулачков 6 и 9 постараться не повредить уже ранее установленные положения кулачков 7 и 8. Подтянуть винты 4 и 5.

Обслуживание и уход. Обслуживающему персоналу необходимо проводить правильный уход и предохранять серводвигатель от вредных влияний окружающей среды.

Уход за серводвигателем заключается в смазывании его смазочным жиром МОЛЫКА после полугода работы. Необходимо смазывать зубчатое зацепление главного колесного механизма и подшипники выходного вала. Кулачки и циркулирующие пути раз в полгода смазываются жиром SP3.

В серводвигателе могут возникнуть неточности в установке отдельных элементов, а именно освобождение винтов и сдвиг от установленного положения. В таком случае необходимо элемент установить по вышеуказанной инструкции для установки.

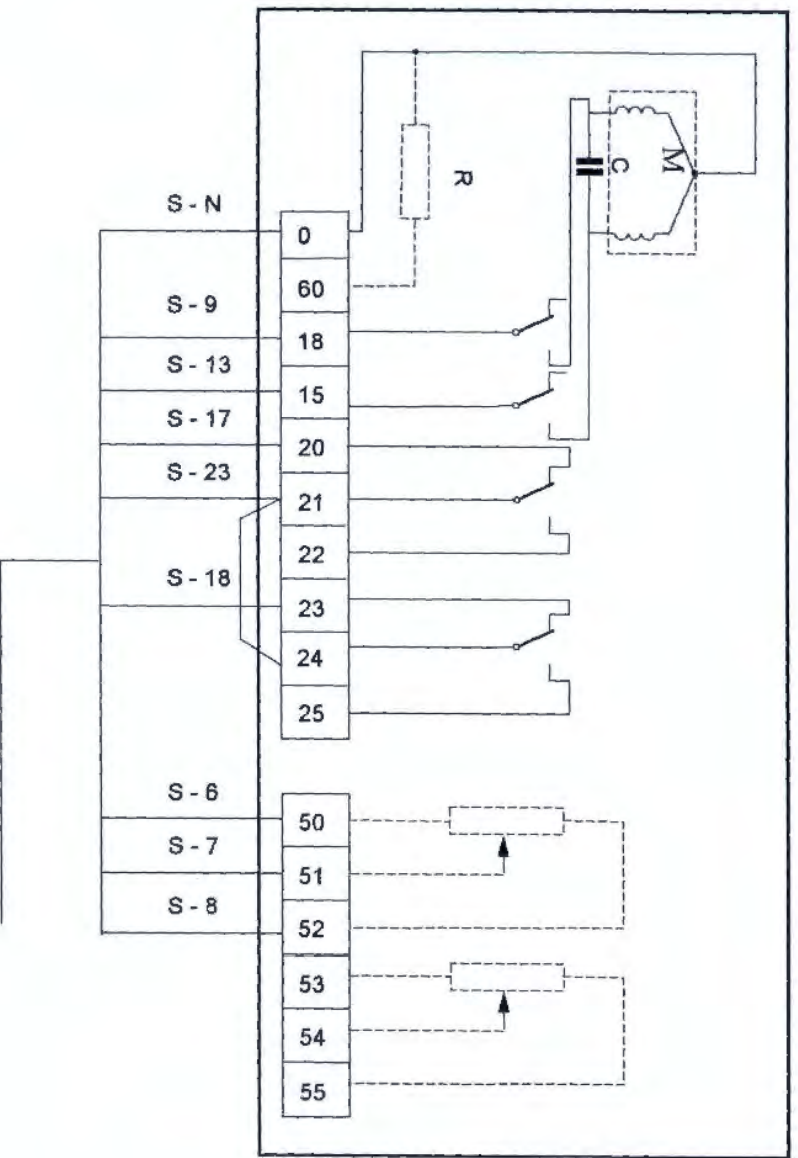


Рис. 3.8 Электрическая схема серводвигателя

По схеме видно, что реверс двигателя осуществляется при помощи переключения контактов 18-15. Двигатель отработывает поворот на 90°, при достижении крайних положений отключается концевыми выключателями.

Механическая часть. Крутящий момент с двигателя передается на выходной вал через восьми ступенчатый редуктор. С выходным валом соединены через зубчатое зацепление вал концевого датчика и вал измерительного реостата. Кинематическая схема редуктора представлена на рис. 3.9:

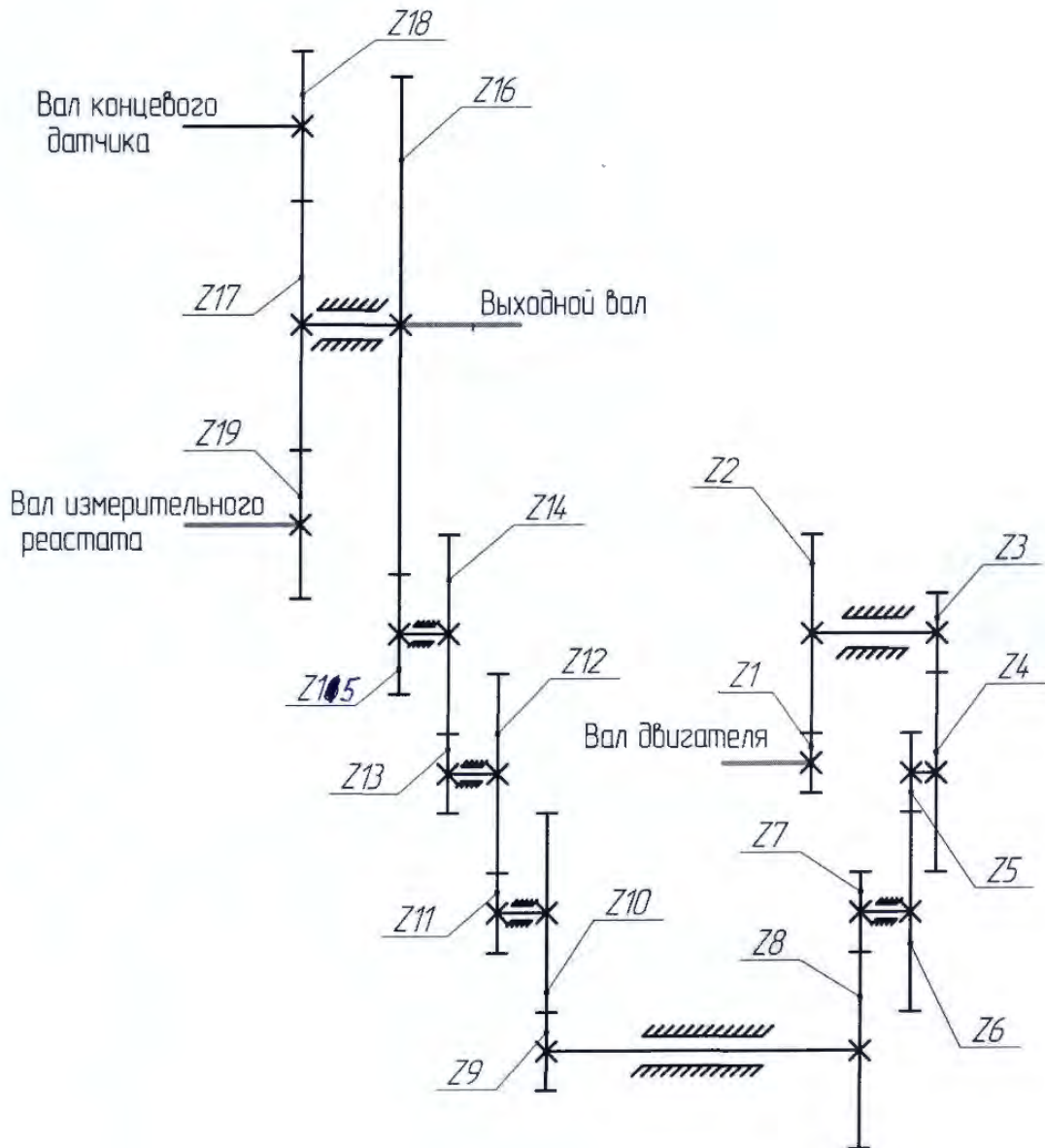


Рис. 3.9 Кинематическая схема механизма

После проведенных исследований и разработки основных узлов системы был собран лабораторный стенд, внешний вид установки представлены на нижеприведенных рисунках.

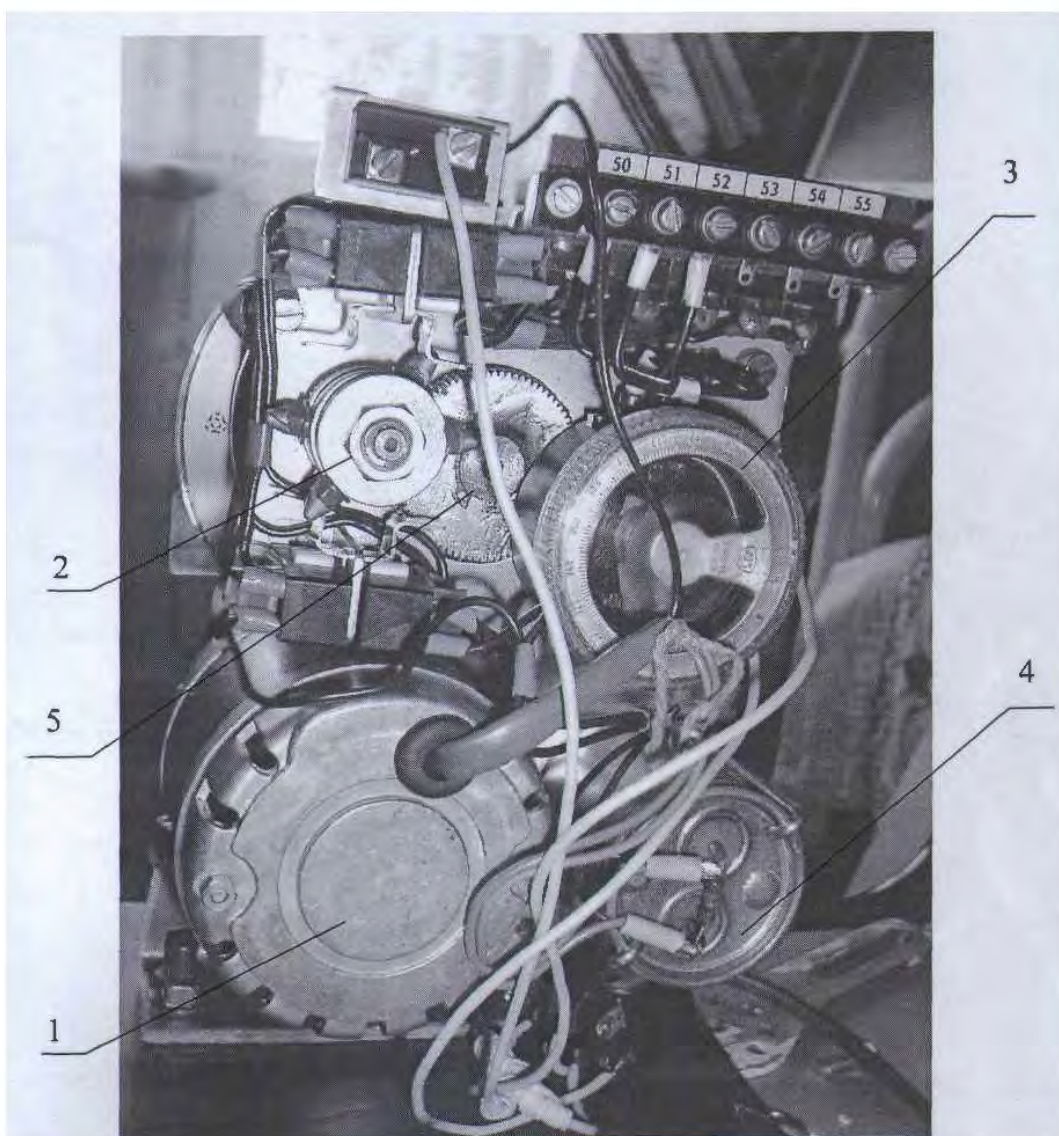


Рис. 3.10 Вид сзади

Цифрами на рисунке обозначены:

1 - электродвигатель;

2 - концевые выключатели;

3 - потенциометрический датчик положения выходного вала;

4 - фазосдвигающий конденсатор

5 - выходной вал редуктора

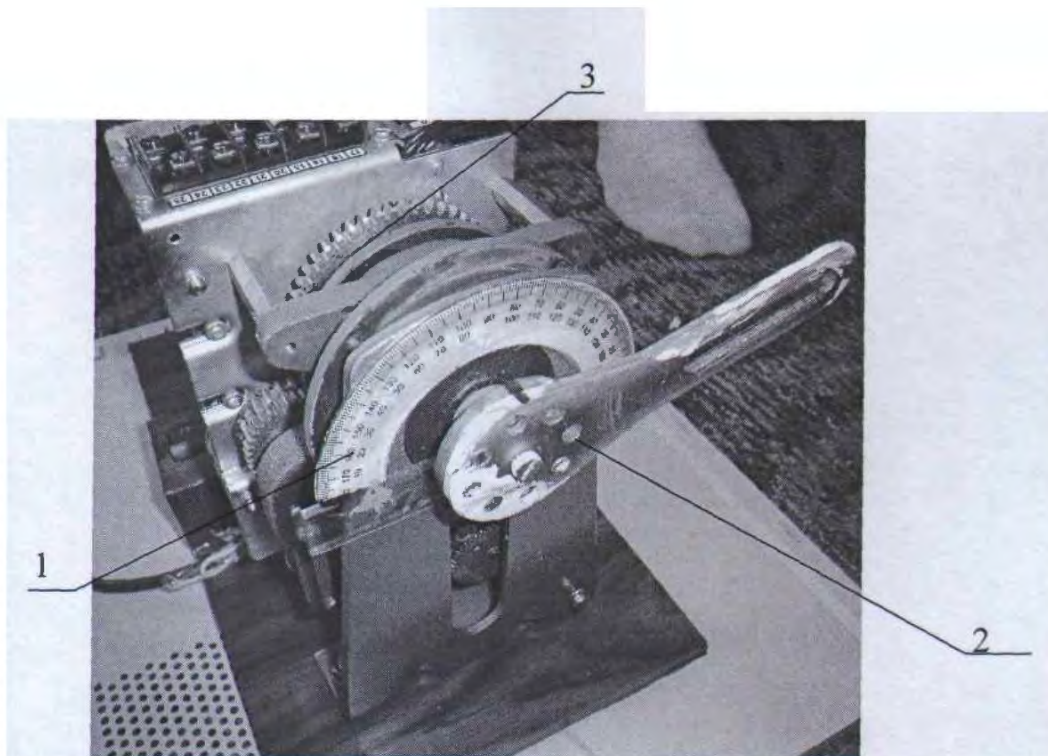


Рис. 3.11 Вид спереди

Цифрами на рисунке обозначены:

1 - измерительная шкала угла поворота заслонки;

2 - заслонка;

3 – редуктор.

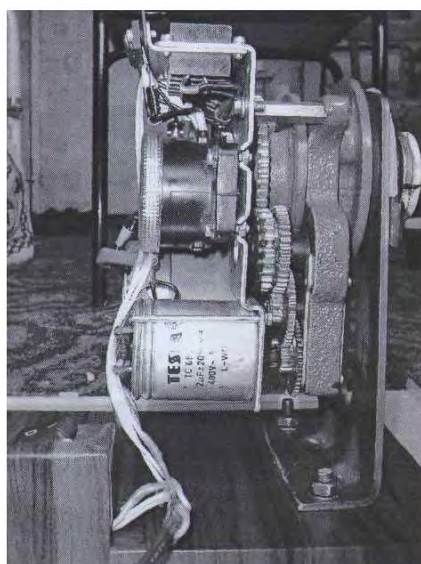


Рис. 3.12 Вид сбоку

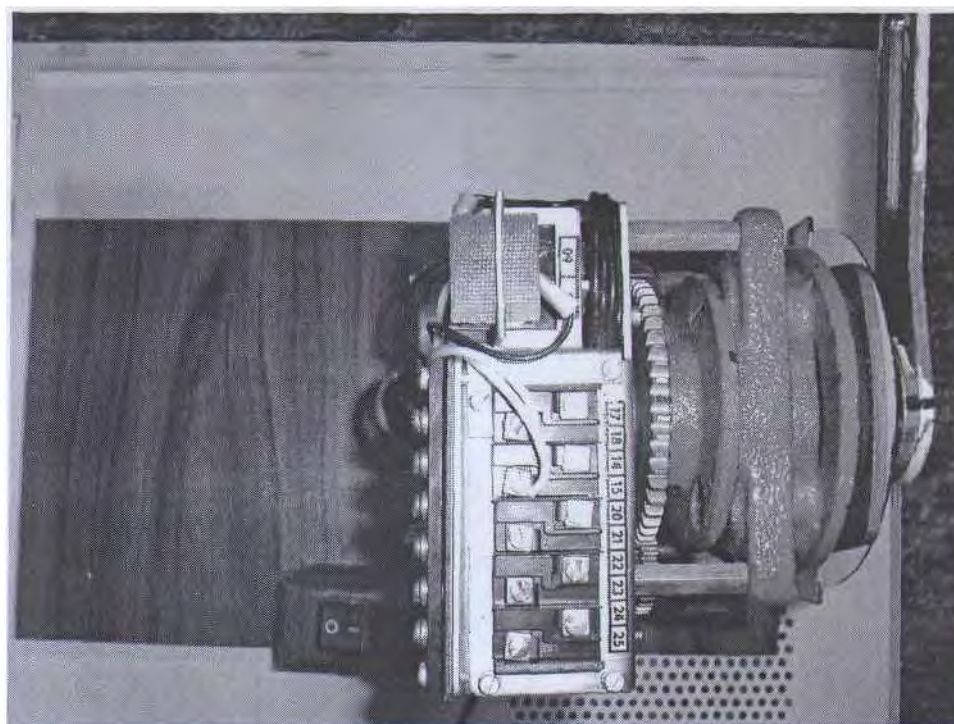


Рис. 3.13 Основные узлы системы:

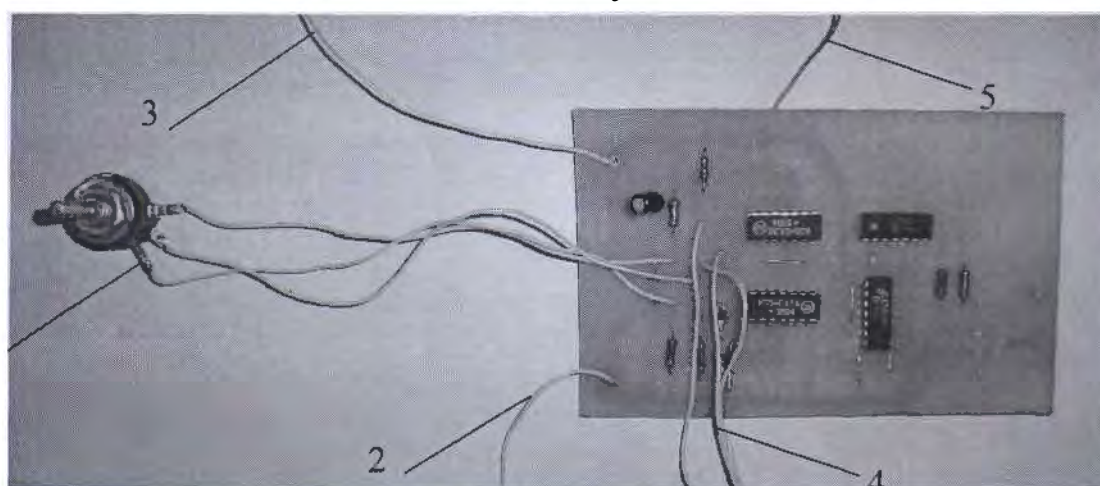


Рис. 3.14 Внешний вид электронной микросхемы

Цифрами на рисунке обозначены:

1 - Задающий резистор;

2 - Земля;

3 - Напряжение питания (+12 Вольт);

4 - Потенциометрический датчик положения выходного вала;

5 - Напряжение питания (+5 Вольт).

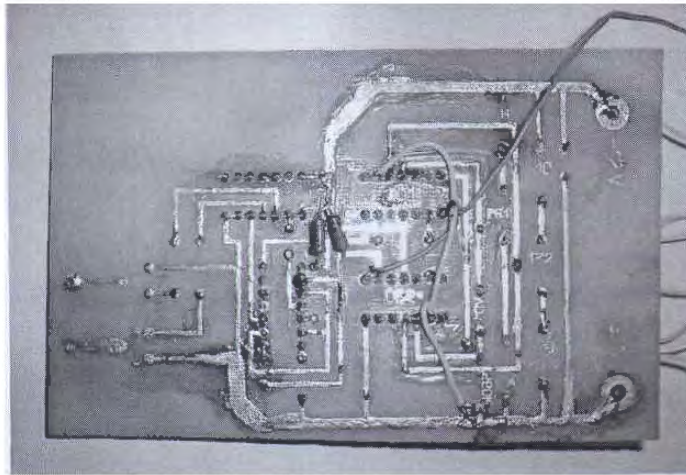


Рис. 3.15 Разводка печатной платы.

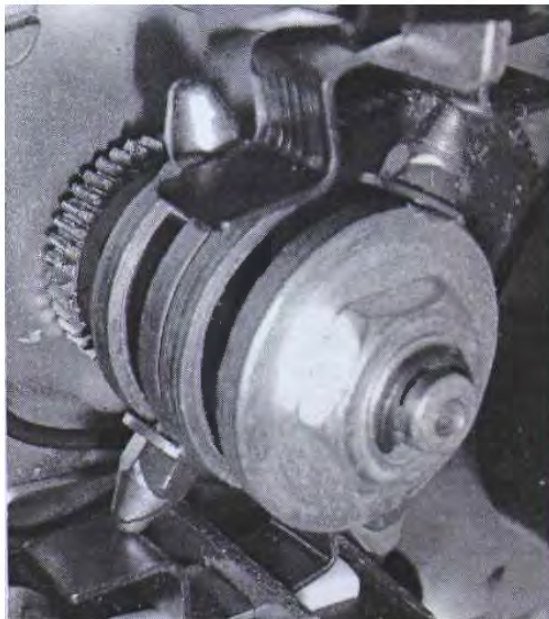


Рис. 3.16 Концевые датчики



Рис. 3.17 Потенциометрический датчик положения выходного вала.

Контрольные вопросы:

1. Каков принцип работы заслонки климат-контроля?
2. Как производится управление асинхронным электродвигателем?
3. Перечислите основные элементы электропривода.
4. Какие типы датчиков используются в устройстве заслонки климат-контроля?
5. Какие механические передачи используются в устройстве?

Практическое занятие № 4 Исследование работы электропривода бытовой автоматической стиральной машины

Целью данного практического занятия является изучение современных бытовых стиральных машин-автоматов. В качестве объекта исследования выступает стиральная машина Samsung S1021 из серии моделей Sensor Quick. В данной стиральной машине нашла применение система управления, основанная на нечеткой логике Fuzzy Logic control, которая, помимо установки оптимального уровня воды и оптимизации других параметров стирки, контролирует весь процесс стирки и вносит необходимые коррективы для получения наилучших результатов. При обнаружении таких отклонений в процессе стирки, как, слишком большое количество моющего средства оставшегося по завершении цикла стирки, сильная вибрация при отжиге и других нежелательных явлениях, система вносит изменения в выполняемую программу стирки и продолжает процесс стирки с внесенными коррективами.

Студентам предлагается провести несколько опытов на лабораторной установке стиральной машины-автомата Samsung S1021 с целью изучения основных принципов работы современных стиральных машин и особенностей конструкции стиральных машин как бытовых мехатронных устройств. Методика проведения лабораторных исследований описана в пункте 8 лабораторной работы.

Стиральные машины Samsung Основанная в 1938 г. в корейском городе Тэгу, фирма Samsung начала с экспорта пищевых продуктов в Маньчжурию и Китай, затем перешла к производству продуктов питания, а после окончания войны на Корейском полуострове сфера ее активности продолжала непрерывно расширяться, охватывая все новые высокотехнологичные производства. В 1969 г. в результате слияния с компанией Sanyo Electric образовалась корпорация Samsung Electronics.

К концу 1973 г. было закончено строительство завода фирмы

по производству бытовой техники, и в 1974 г. начался выпуск холодильников и стиральных машин (модель SEW-200W).

В 1993 г. объем экспорта корпорации (впервые среди корейских фирм) превысил 10 млрд. долл. США.

В выпускаемых сегодня стиральных машинах Samsung применяются современные технологии, такие, как электронная система управления Fuzzy Logic (серии Sensor Quiet и Sensor Quick), благодаря которой потребление электроэнергии снижено до уровня 1,6 кВт/ч, воды — до 45 л, длительность стирки сокращена до 95 мин (все данные относятся к стирке хлопка при 95°C).

Оригинальная система балансировки Can Balance, применяемая в стиральных машинах серии Sensor Quiet (модель SWF 1200), позволяет эффективно устранять дисбаланс загрузки в барабане. Шары, расположенные в передней и задней частях барабана, перемещаются в сторону, противоположную месту возникновения дисбаланса, компенсируя неравномерность распределения белья (рис. 4.1). Уровень шума при работе стиральных машин этой серии составляет 53,4 дБ, амплитуда вибраций — порядка 0,3 мм (у обычных машин — порядка 1,9 мм). Новая система балансировки заменила традиционные противовесы. Система "тройного водопада", применяемого в стиральных машинах Samsung, состоит в орошении белья струями воды, истекающими из трех ребер на внутренней поверхности барабана. Баки стиральных машин выполнены из пластика, и, хотя фирма не зарегистрировала для него специального названия, качество этого вещества не уступает качеству материалов, используемых западноевропейскими производителями.

Оригинальной разработкой фирмы является многофункциональный поворотный переключатель Jog Dial, позволяющий пользователю без усилий переходить на нужную программу стирки.

Познакомимся со стиральными машинами Samsung с фронтальной загрузкой на примере изделий серии Sensor Quick. Их общий вид показан на рис. 2, 3 и на рис. 22-23 приложения 2.

Машины построены по классической схеме и легко узнаваемы по характерному "углу" в правой верхней части дверцы загрузочного люка.



Рис. 4.1. Система Can Balance стиральных машин Samsung серии Sensor Quiet.

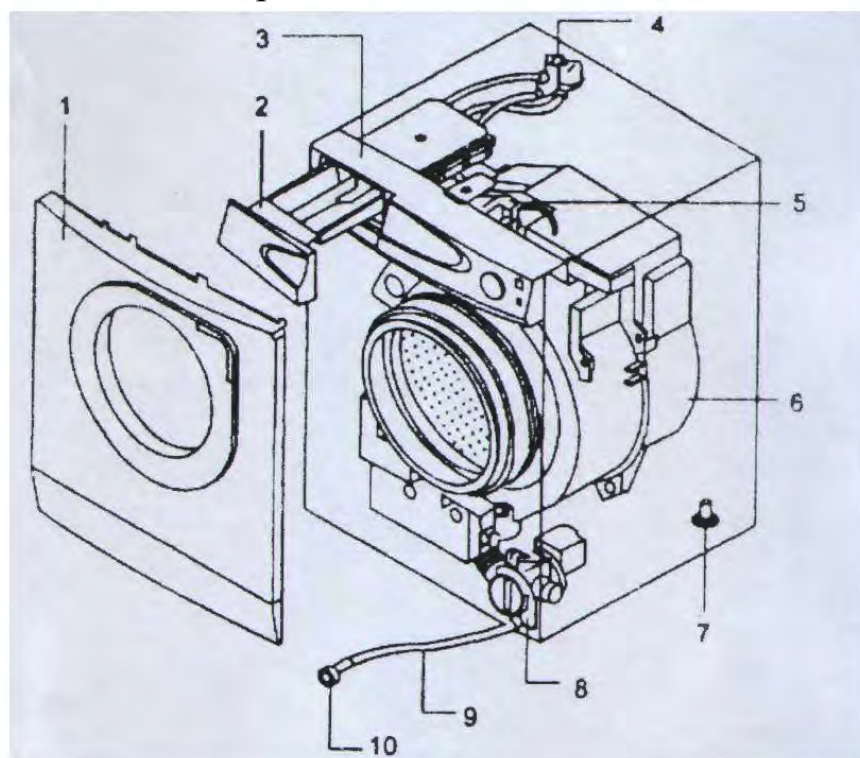


Рис.4.2. Стиральные машины Samsung серии Sensor Quick (вид спереди): 1-передняя панель, 2-бункер распределения моющих средств, 3-панель управления, 4-электроклапаны, 5-реле уровня, 6-бак, 7-регулируемая ножка, 8-сливной насос, 9-сливной шланг (в некоторых моделях), 10-заглушка сливного шланга (в некоторых моделях).

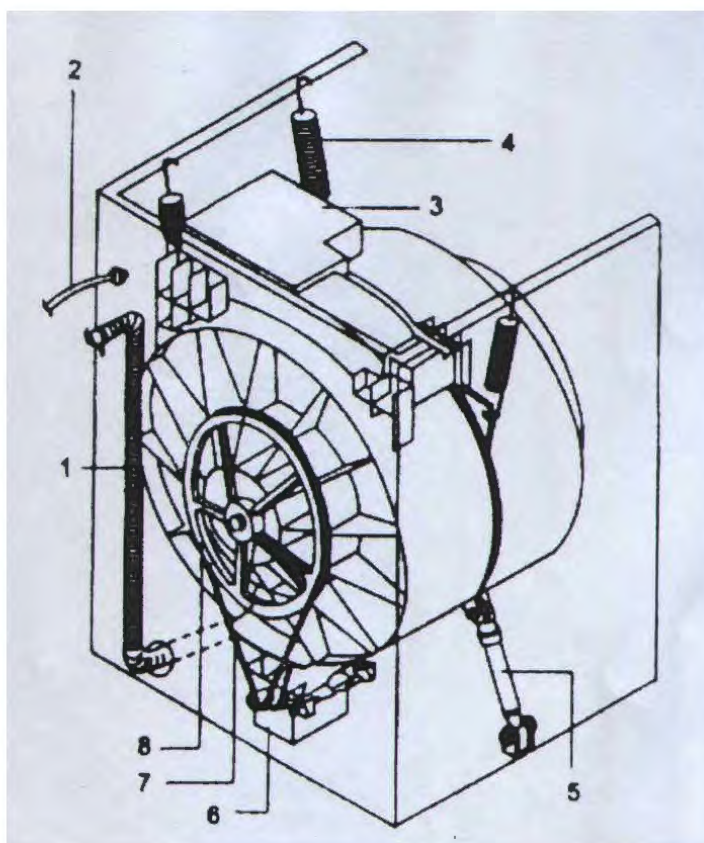


Рис. 4.3. Стиральные машины Samsung серии Sensor Quick (вид спереди): 1-сливной шланг, 2-шнур питания, 3-противовес, 4-пружины подвески бака, 5-амортизатор, 6-электродвигатель, 7-приводной ремень, 8-шкив.

Панель управления стиральной машины

На рис. 4.4 показан вид панелей управления стиральных машин San серии Sensor Quick.

SWV-1200F/1100F/1000F, P1291/1091

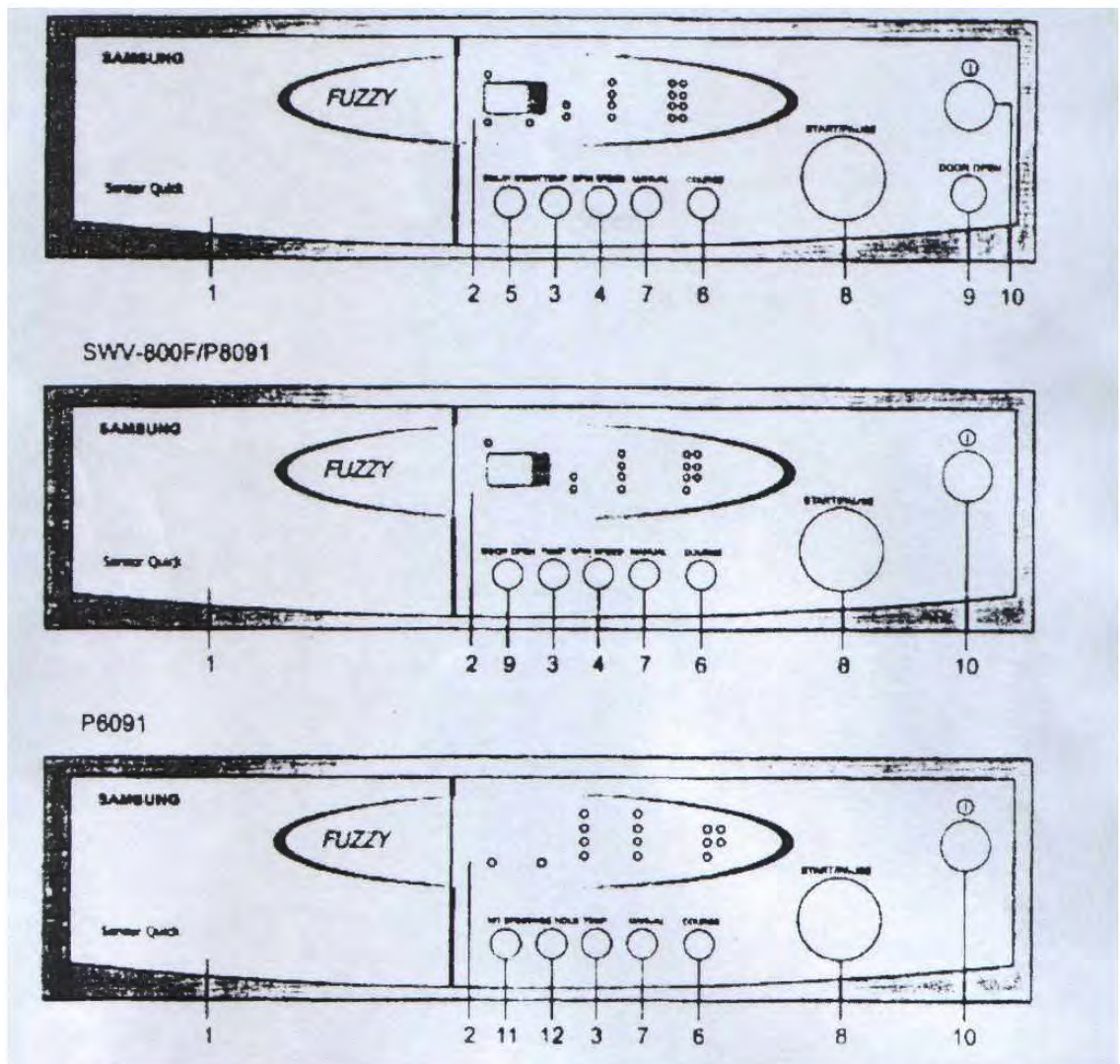


Рис. 4.4 Панели управления стиральных машин Samsung серии Sensor Quick

Элементы этих панелей имеют следующее назначение:

1. Бункер распределения моющих средств.
2. Поле индикаторов. На нем расположены цифровой дисплей (в ряде моделей), а также индикаторы выбранных режимов работы машины. На цифровой дисплей выводится остающееся время стирки, сообщения о неисправностях и пр.
3. Кнопка выбора температуры (Temp.). При ее последовательных нажатиях выбираются режимы стирки в холодной воде, при 30°C, 40°C, 60°C и 95°C.
4. Кнопка выбора скорости вращения барабана при отжиге (Spin speed). При ее последовательных нажатиях выбираются режимы отжима:

Модели SWV-1200F/P1291: "Без отжима", "Остановка перед отжимом", 400 об/мин, 600 об/мин, 600 об/мин, 1000 об/мин и 1200 об/мин.

Модель SWV-1100F: "Без отжима", "Остановка перед отжимом", 400 об/мин, 600 об/мин, 800 об/мин, 1000 об/мин и 1100 об/мин.

Модели SWV-1000F/P1091: "Без отжима", "Остановка перед отжимом", 400 об/мин, 600 об/мин, 800 об/мин и 1000 об/мин.

5. Кнопка "Задержка пуска" (Delay Start, в ряде моделей). При ее последовательном нажатии с шагом 1 ч вводится время задержки начала работы машины (от 1 до 24 ч).

6. Кнопка "Выбор программы" (Course). Служит для выбора программы стирки ("Хлопок", Шерсть", "Деликатные ткани" и т. д.).

7. Кнопка "Ручное задание программы" ("Manual"). При ее последовательном нажатии проводятся следующие комбинации рабочих процессов машины: (Стирка + Полоскание + Отжим) — (Предварительная стирка + Стирка + Отжим) — (Отжим) — (Полоскание один раз + Отжим) — (Полоскание два раза + Отжим) — (Полоскание три раза + Отжим).

Модель P6091: (Стирка + Полоскание + Отжим) — (Предварительная стирка + Стирка + Отжим) — (Отжим) — (Полоскание три раза + Отжим). Режим предварительной стирки применяется только для стирки хлопка, синтетических и деликатных тканей.

8. Кнопка "Старт/Пауза" (Start/Pause). Служит для остановки и повторного пуска машины.

9. Кнопка открывания дверцы люка ("Door Open", в некоторых моделях). Служит для открывания дверцы люка машины.

10. Кнопка "ВКЛ/ВЫКЛ" (On/Off). При первом нажатии включает машину, при повторном выключает ее. Если после включения машины в течение 10 мин не нажимается ни одна кнопка, происходит автоматическое выключение машины.

11. Кнопка "Без отжима" (No Spin, в ряде моделей). Вводит программу отмены отжима.

12. Кнопка "Остановка перед отжимом" (Spin Hold, в ряде моделей). Вводит программу остановки машины с водой в баке, до выполнения отжима.

Сообщения о неисправностях стиральной машины

(для стиральных машин SWV-1200F/100F/1000F/800F, P1291/P1091/P8091)

При возникновении неисправности подается звуковой сигнал, а на дисплее появляется мигающий с интервалом 0,5 сек код неисправности. Электродвигатель машины и любые другие элементы электропривода при этом отключаются до устранения неисправности.

Неисправность системы подачи воды (сообщение E1). Сообщение появляется, если при заливе воды изменение несущей частоты датчика уровня воды не превышает 50 Гц или если заданный уровень воды не достигается в течение как минимум 20 мин. Для сброса сообщения отключить машину кнопкой "ВКЛ/ВЫКЛ" и включить снова.

Неисправность системы слива воды (E2). Сообщение появляется, если в начале цикла определения дисбаланса загрузки белья в барабане несущая частота меньше либо равна 25,3 кГц. Для сброса сообщения отключить машину кнопкой "ВКЛ/ВЫКЛ" и включить снова.

Перелив (E3). Сообщение появляется при завышенном уровне воды в баке, которому соответствует значение несущей частоты датчика уровня 22,4 кГц и выше. Сброс производится кнопкой ВКЛ/ВЫКЛ. Если несущая частота превышает 25,24 кГц, производится принудительный слив воды в течение 2 мин.

Открыта дверца люка (dE). Для снятия сообщения закрыть дверцу люка.

Дисбаланс белья в барабане (E4). Для сброса сообщения отключить машину кнопкой "ВКЛ/ВЫКЛ" и включить снова.

Неисправность ТЭНа (E5 и E6). Сообщение появляется, когда после включения ТЭНа температура воды в течение 5 мин меняется больше чем на 40°C, либо в течение 10 мин меняется меньше чем на 2°C. Сброс производится кнопкой ВКЛ/ВЫКЛ.

Неисправность реле уровня (E7). Нештатными значениями несущей частоты датчика уровня считаются значения 30,00 кГц (верхний уровень залива воды) и 15,00 кГц (нижний уровень). Неисправностью считается, когда одно из этих значений частоты держится в течение 5 сек или дольше. При возникновении этой неисправности на 3 мин включается слив, после чего сливной насос отключается и на дисплее появляется сообщение о неисправности.

Нештатные значения температуры (E8). Нештатными считаются значения 60°C и более для синтетических тканей, 45°C и более для деликатных тканей, 45°C и более для шерсти. Если при заливе воды в бак температура воды является нештатной, принудительный слив воды в течение 2 мин (как при переливе). Алгоритм устранения неисправностей дан в табл. 2 приложения 1.

Тестовый режим стиральной машины

(для стиральных машин SWV-1200F/100F/1000F/800F, P1291/P1091/P8091)

Для входа в тестовый режим (рис. 4.5):

Одновременно удерживая нажатыми кнопки "1" и "2", нажимают кнопку "ВКЛ/ВЫКЛ". На дисплее появляется сообщение (tE).

После нажатия кнопки "3" начинается тестирование моторной группы стиральной машины.

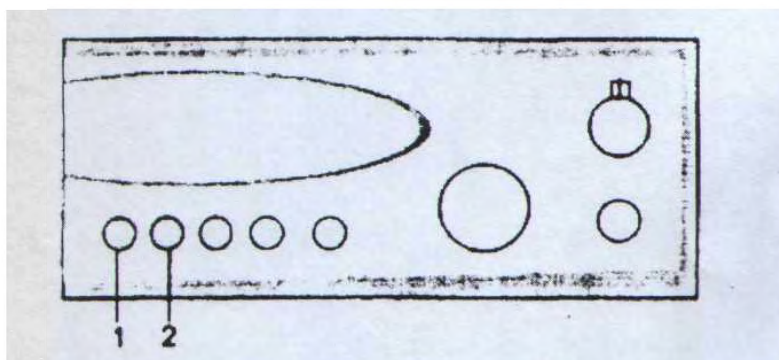


Рис. 4.5. Вход в тестовый режим стиральной машины

Последовательность этапов тестирования моторной группы:
 Открытие ЭЖ на предварительную стирку (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Основная стирка (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Открытие ЭЖ на полоскание (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Включение сливного насоса (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Включение реле 1 электродвигателя (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Включение реле 2 электродвигателя (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Включение реле 2 электродвигателя (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Включение реле ТЭНа (0,3 сек) — ВЫКЛ (0,3 сек) — Открывание дверцы люка (этот режим длится, пока дверца остается закрытой).

Таблица 4.1. Технические характеристики некоторых стиральных машин фирмы Samsung.

Модель	P6091	SWV-800 F P8091	SVW-1000 F P1091	SWV-1100F	SWV-1200 FP129
Размеры (ВхШхГ), см	84x60x55	84x60x55	84x60x55	84x60x55	84x60x55
Масса, кг	75	75	75	75	75
Максимальная скорость вращения барабана при отжиге, об/мин	600	800	1000	1100	1200
Потребление воды, л	54	54	54	54	54
Загрузка сухого белья, кг	5	5	5	5	5
Стирка шерсти	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Ускоренная стирка	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Экономичная стирка	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Отмена отжима	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Функция предотвращения складок	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Индикатор режима работы	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Индикатор остающегося времени	Отсутствие	Есть	Есть	Есть	Есть
Задержка пуска	Отсутствие	Отсутствие	До 24 ч	До 24 ч	До 24 ч
Давление воды в магистрали подачи, кПа	50...800	50...800	50...800	50...800	50... 800
Потребляемая мощность, Вт - стирка - стирка + нагрев - отжим - слив	180 2000 380 34	180 200 0 380 34	180 2000 380 34	180 2000 380 34	180 2000 380 34

Класс энергопотребления	A	A	A	A	A
Класс качества стирки	B	B	B	B	B
Класс качества отжима	E	D	C	B	B

Контрольные вопросы:

1. Каков принцип работы автоматической стиральной машины?
2. Как производится управление электродвигателем стиральной машины?
3. Перечислите основные элементы устройства.
4. Какие типы датчиков используются в стиральной машине?
5. Какие механические передачи используются в устройстве?

Практическое занятие № 5 Гидравлический привод

Задача 1. Автоклав объемом 25,0 л наполнен жидкостью и закрыт герметически. Коэффициент температурного расширения жидкости α , ее модуль упругости E . Определить повышение давления в автоклаве при увеличении температуры жидкости на величину T . Объемной деформацией автоклава пренебречь.

Задача 2 (рис.6). Определить скорость v равномерного скольжения прямоугольной пластины ($a \times b \times c$) по наклонной плоскости под углом $\alpha = 12^\circ$, если между пластиной и плоскостью находится слой масла толщиной δ . Температура масла 30°C , плотность материала пластины ρ .

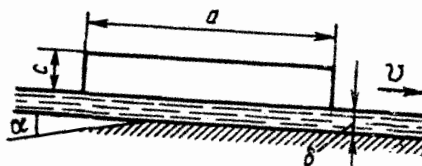


Рис. 6

Задача 3 (рис.7). Зазор между валом и втулкой заполнен маслом, толщина слоя которого равна δ . Диаметр вала D , длина втулки L . Вал вращается равномерно под воздействием вращающего момента M . Определить частоту вращения вала, если температура масла равна 40°C .

Задача 4 (рис.8). Закрытый резервуар заполнен дизельным топливом, температура которого 20°C . В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие ($D \times b$), закрытое полуцилиндрической крышкой. Она может повернуться вокруг горизонтальной оси A . Мановакуумметр MV показывает манометрическое давление p_m или вакуум p_v . Глубина топлива над крышкой равна H . Определить усилие F , которое необходимо приложить к нижней части крышки, чтобы она не открывалась. Силой тяжести крышки пренебречь. На схеме показать векторы действующих сил.

Задача 5 (рис.9). Вертикальная цилиндрическая цистерна с полусферической крышкой до самого верха заполнена жидкостью, плотность которой ρ . Диаметр цистерны D , высота ее цилиндрической части H . Манометр M показывает манометрическое давление p_m . Определить силу, растягивающую болты A , и горизонтальную силу,рывающую цистерну по сечению $I-I$. Силой тяжести крышки пренебречь. Векторы сил показать на схеме.

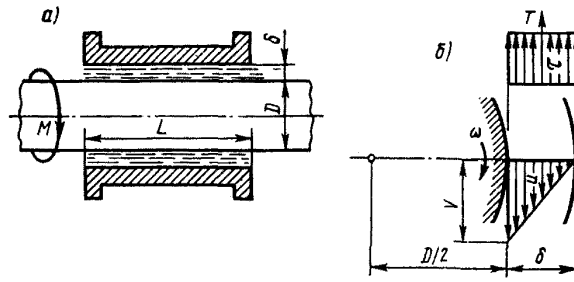


Рис. 7

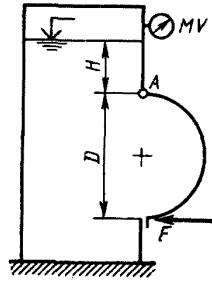


Рис. 8

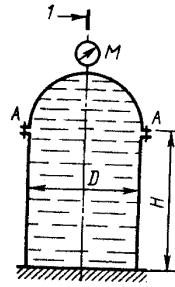


Рис. 9

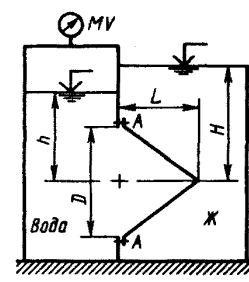


Рис. 10

Задача 6 (рис.10). Круглое отверстие между двумя резервуарами закрыто конической крышкой с размерами D и L . Закрытый резервуар заполнен водой, а открытый – жидкостью $Ж$. К закрытому резервуару сверху присоединен мановакуумметр MV , показывающий манометрическое давление p_m или вакуум p_v . Температура жидкостей 20°C , глубины h и H . Определить силу, срезающую болты A , и горизонтальную силу, действующую на крышку. Силой тяжести крышки пренебречь. Векторы сил показать на схеме.

Задача 7 (рис.11). Цилиндрическая цистерна наполнена бензином, температура которого 20°C . Диаметр цистерны D , длина L . Глубина бензина в горловине $h = 20$ см, ее диаметр $d = 30$ см. Определить силы давления на плоские торцевые стенки A и B цистерны в двух случаях: 1) когда цистерна не движется; 2) при движении цистерны горизонтально с положительным ускорением a .

Задача 8 (рис.12). Открытый цилиндрический резервуар заполнен жидкостью $Ж$ до высоты $0,8H$. Диаметр резервуара D , температура жидкости 20°C . Определить: 1) объем жидкости, сливающейся из резервуара при его вращении с частотой n вокруг его вертикальной оси; 2) силу давления на дно резервуара и горизонтальную силу, разрывающую резервуар по сечению $1-1$ при его вращении.

Задача 9 (рис.13). Цилиндрический сосуд диаметром D и высотой H полностью заполнен водой, температура которой 20°C . Диаметр отверстия сверху равен d . Определить: 1) с какой предельной частотой можно вращать сосуд около его вертикальной оси, чтобы в сосуде осталось 75% первоначального объема воды; 2) силу давления на дно сосуда и

горизонтальную силу, разрывающую сосуд по сечению 1–1 при его вращении с определенной частотой.

Задача 10 (рис.14). По сифонному трубопроводу длиной l жидкость $Ж$ при температуре 20°C сбрасывается из отстойника A в отводящий канал B . Какой должен быть диаметр d трубопровода (его эквивалентная шероховатость Δ_3), чтобы обеспечить сбрасывание жидкости в количестве Q при напоре H ? Трубопровод снабжен приемным клапаном с сеткой (ζ_k), а плавные повороты имеют углы 45° и радиус округления $R=2r$. Построить пьезометрическую и напорную линии.

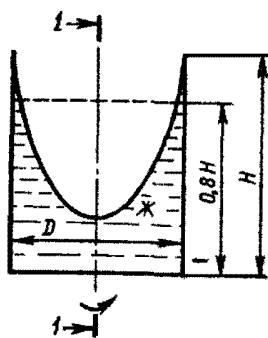


Рис. 12

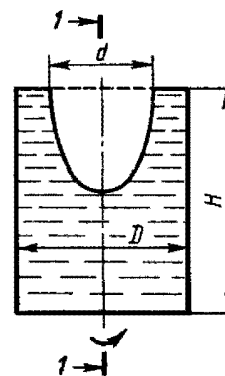


Рис. 13

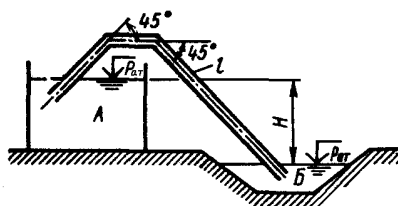


Рис. 14

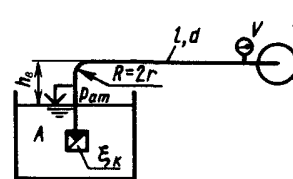


Рис. 15

Задача 11 (рис.15). Центробежный насос, перекачивающий жидкость $Ж$ при температуре 20°C , развивает подачу Q . Определить допустимую высоту всасывания h_b , если длина всасывающего трубопровода l , диаметр d , эквивалентная шероховатость Δ_3 , коэффициент сопротивления обратного клапана ζ_k , а показание вакуумметра не превышало бы p_1 .

Построить пьезометрическую и напорную линии.

Задача 12 (рис.16). В баке A жидкость подогревается до температуры 50°C и самотеком по трубопроводу длиной l_1 попадает в производственный цех. Напор в баке A равен H . Каким должен быть диаметр трубопровода, чтобы обеспечивалась подача жидкости в количестве Q при манометрическом давлении в конце трубопровода не ниже p_m ? Построить пьезометрическую и напорную линии.

Задача 13 (рис.17). Из большого закрытого резервуара *A*, в котором поддерживается постоянный уровень жидкости, а давление на поверхности жидкости равно p_1 , по трубопроводу, состоящему из двух последовательно соединенных труб, жидкость *Ж* при температуре 20°C течет в открытый резервуар *B*. Разность уровней жидкости в резервуарах равна H . Длина труб l_1 и l_2 , диаметры d_1 и d_2 , а эквивалентная шероховатость Δ_s .

Определить расход Q жидкости, протекающей по трубопроводу. В расчетах принять, что местные потери напора составляют 20% от потерь по длине. Данные для решения задачи в соответствии с вариантом задания выбрать из табл.4.

Задача 14 (рис.18). Из большого закрытого резервуара *A*, в котором поддерживается постоянный уровень жидкости, а давление на поверхности ее равно p_1 , по трубопроводу, состоящему из двух параллельно соединенных труб одинаковой длины l_1 но разных диаметров d_1 и d_2 (эквивалентная шероховатость Δ_s), жидкость *Ж* при температуре 50°C течет в открытый резервуар *B*. Разность уровней жидкости в резервуарах равна H .

Определить расход Q жидкости, протекающей в резервуар *B*. В расчетах принять, что местные потери напора составляют 20% от потерь по длине. Данные для решения задачи в соответствии с вариантом задания выбрать из табл.4.

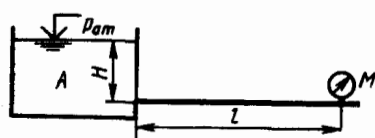


Рис. 16

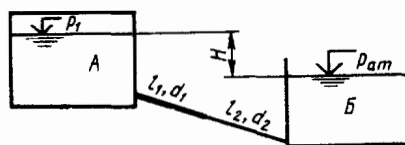


Рис. 17

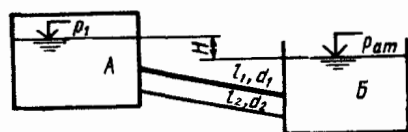


Рис. 18

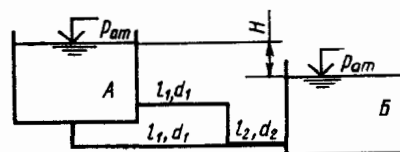


Рис. 19

Задача 15 (рис.19). Из большого резервуара *A*, в котором поддерживается постоянный уровень жидкости, по трубопроводу, состоящему из трех труб, длина которых l_1 и l_2 , диаметры d_1 и d_2 , а эквивалентная шероховатость Δ_s , жидкость *Ж* при температуре 20°C течет в открытый резервуар *B*. Разность уровней жидкости в резервуарах равна H .

Определить расход Q жидкости, протекающей в резервуар *B*. В расчетах принять, что местные потери напора составляют 20% от потери по длине.

Задача 16 (рис.20). В бак, разделенный перегородкой на два отсека, подается жидкость $\mathcal{Ж}$ в количестве Q . Температура жидкости 20°C . В перегородке бака имеется цилиндрический насадок, диаметр которого d , а длина $l = 3d$. Жидкость из второго отсека через отверстие диаметром d_1 поступает наружу, в атмосферу. Определить высоты H_1 и H_2 уровней жидкости. Данные для решения задачи в соответствии с вариантом задания выбрать из табл.4.

Задача 17 (рис.21). В бак, разделенный перегородками на три отсека, подается жидкость $\mathcal{Ж}$ в количестве Q . Температура жидкости 20°C . В первой перегородке бака имеется коноидальный насадок, диаметр которого равен d , а длина $l = 3d$; во второй перегородке бака – цилиндрический насадок с таким же диаметром d и длиной $l = 3d$. Жидкость из третьего отсека через отверстие диаметром d_1 поступает наружу, в атмосферу. Определить H_1 , H_2 и H_3 уровней жидкости.

Задача 18 (рис.22). В бак, разделенный на две секции перегородкой, в которой установлен цилиндрический насадок диаметром d и длиной $l = 4d$, поступает жидкость $\mathcal{Ж}$ в количестве Q при температуре 20°C . Из каждой секции жидкость самотеком через данные отверстия диаметром d вытекает в атмосферу.

Определить распределение расходов, вытекающих через левый отсек Q_1 и правый отсек Q_2 , если течение является установившимся.

Задача 19 (рис.23). Шток силового гидроцилиндра $\mathcal{Ц}$ нагружен силой F и под действием давления p перемещается слева направо, совершая рабочий ход s за время t . Рабочая жидкость при этом из штоковой полости цилиндра сливается через дроссель $\mathcal{ДР}$. Диаметры поршня и штока соответственно равны $D_{\text{п}}$ и $D_{\text{ш}}$.

Определить необходимое давление p рабочей жидкости в левой части цилиндра и потребную подачу Q . Потери давления в дросселе $\Delta p_{\text{д}} = 250$ КПа. К.п.д. гидроцилиндра: объемный $\eta_0 = 0,97$, механический $\eta_{\text{м}} = 0,90$.

Задача 20 (рис. 24). Рабочая жидкость – масло $\mathcal{Ж}$, температура которого 50°C , из насоса подводится к гидроцилиндру $\mathcal{Ц}$ через дроссель $\mathcal{ДР}$. Поршень цилиндра со штоком перемещается против нагрузки F со скоростью $v_{\text{п}}$. Вытесняемая поршнем жидкость со штоковой полости попадает в бак $\mathcal{Б}$ через сливную линию, длина которой равна $l_{\text{с}}$, а диаметр равен $d_{\text{с}}$.

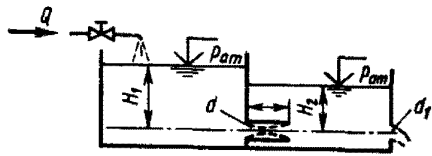


Рис. 20

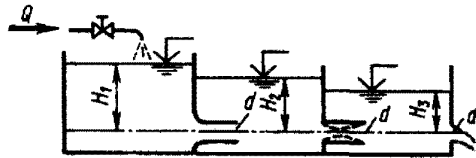


Рис. 21

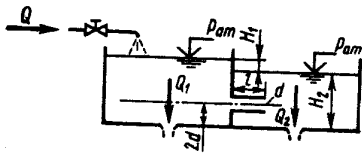


Рис. 22

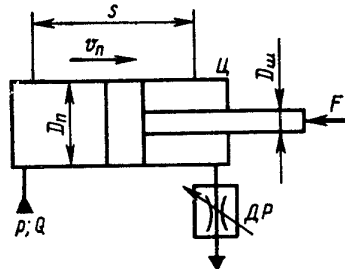


Рис. 23

Определить внешнюю силу F , преодолеваемую штоком при его движении. Давление на входе в дроссель определяется показанием манометра M , а противодействие в штоковой полости цилиндра – потерями давления в сливной линии. Коэффициент расхода дросселя принять равным $\mu = 0,64$, а диаметр отверстия дросселя d_d . Диаметр поршня D_p , а диаметр штока $D_{ш}$. К.п. д. гидроцилиндра: объемный $\eta_o = 1,0$, механический η_m .