

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

Г. А. Есьман  
М. С. Самойлова  
С. Н. Суровой

# ЭЛЕКТРОБЫТОВЫЕ ПРИБОРЫ, МАШИНЫ И АППАРАТЫ

Практикум  
для обучающихся по специальности  
1-38 01 01 «Механические и электромеханические  
приборы и аппараты»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области приборостроения*

Минск  
БНТУ  
2022

УДК 64.06(075.8)

ББК 65.442я7

Е87

**Р е ц е н з е н т ы :**

заведующий кафедрой «Метрология и энергетика» филиала  
Белорусского национального технического университета  
«Институт повышения квалификации и переподготовки кадров  
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики»,  
канд. техн. наук, доцент *А. А. Новиков*;  
первый заместитель директора ГНУ «Институт  
порошковой металлургии», канд. техн. наук, доцент *В. В. Савич*

**Есьман, Г. А.**

Е78 Электробытовые приборы, машины и аппараты : практикум для обучающихся по специальности 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты» / Г. А. Есьман, М. С. Самойлова, С. Н. Суровой. – Минск : БНТУ, 2022. – 84 с.  
ISBN 978-985-583-374-2.

Практикум содержит описание бытовых электроприборов, их конструкций, электрических и принципиальных схем, а также последовательность выполнения практической экспериментальной части к 5 лабораторным работам по дисциплине «Электробытовые приборы, машины и аппараты».

Практикум может быть полезен в процессе самостоятельной подготовки к выполнению лабораторных работ студентами дневной формы обучения специальности 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты».

УДК 64.06(075.8)

ББК 65.442я7

**ISBN 978-985-583-374-2**

© Г. А. Есьман, М. С. Самойлова,  
С. Н. Суровой, 2022

© Белорусский национальный  
технический университет, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Стиральная машина автоматическая с фронтальной загрузкой.....	5
Лабораторная работа № 2. Стиральная машина автоматическая с вертикальной загрузкой.....	31
Лабораторная работа № 3. Изучение принципа работы и испытание СВЧ-печи .....	48
Лабораторная работа № 4. Изучение устройства и испытание СВЧ-печи на утечку электромагнитной энергии .....	63
Лабораторная работа № 5. Определение функциональных параметров пылесосов.....	73
Список литературы .....	84

## ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития электробытовых приборов характеризуется всевозрастающими требованиями к качеству изготовления, надежности, долговечности.

Совершенствование технических и потребительских свойств бытовых машин, приборов и аппаратов означает точное выполнение заданных технологических операций при минимальных затратах электроэнергии, воды, моющих средств, а также ручного труда. Социально-экономический эффект автоматизации трудоемких процессов подтверждается социологическими исследованиями затрат времени на ведение домашнего хозяйства.

В лабораторном практикуме описаны конструкции электроприборов, принципы их действия, даны технические характеристики электрических и конструктивных схем, в отдельных случаях методики расчета основных технических параметров, дан обзор отечественных приборов и уделено внимание приборам ведущих мировых фирм.

Лабораторный практикум содержит материалы, необходимые для выполнения экспериментальной части к 5 лабораторным работам по дисциплине «Электробытовые приборы, машины и аппараты». Экспериментальная часть работы основывается на теории, которая позволяет точно уяснить ее цель и подготовиться к выполнению. Для каждой лабораторной работы имеются требования к оформлению результатов экспериментальной части работы и заключительного отчета, а также перечень вопросов для самоконтроля.

Лабораторный практикум предназначен для самостоятельной подготовки к выполнению лабораторных работ студентами дневной формы обучения специальности 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты» для специализации 1-38 01 05 «Бытовые машины, приборы и аппаратура».

## **Лабораторная работа № 1**

### **СТИРАЛЬНАЯ МАШИНА АВТОМАТИЧЕСКАЯ С ФРОНТАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКОЙ**

#### **Цель работы**

1. Изучить классификацию стиральных машин автоматических.
2. Ознакомиться и изучить конструктивные особенности автоматических стиральных машин с фронтальной загрузкой (СМА).

#### **Задачи работы**

1. Построить циклограмму стирки для выбранного режима.
2. Определить время каждой операции процесса стирки.
3. Определить механическое воздействие на ткань.
4. Определить остаточную влажность белья.
5. Определить класс стиральной машины по эффективности отжима.

#### **Инструменты и принадлежности**

1. Машина стиральная с фронтальной загрузкой
2. Секундомер.
3. Весы.
4. СТБ 1585-2005 «Машины электрические стиральные автоматические бытового назначения. Общие технические условия».

#### **Теоретическая часть**

##### **Классификация стиральных машин автоматических**

СМА – стиральные машины автоматические, у которых управление процессом стирки тканей выполняется в соответствии с заданной программой.

Бытовые стиральные машины классифицируются:

- по номинальной загрузке;
- по способу загрузки: с верхней загрузкой, с фронтальной загрузкой («Ф»);

– по возможности подогрева воды и подсушивания белья после отжима стиральные машины подразделяют:

1) на машины с маломощными нагревателями, обеспечивающими нагрев теплой воды температурой 5–55 °С до температуры стирки;

2) машины с нагревателем, обеспечивающим нагрев холодной воды температурой 10–20 °С до температуры стирки;

3) машины с нагревателем, обеспечивающим полный нагрев воды и подсушивание белья после отжима.

Основными параметрами стиральных машин являются: номинальная загрузка белья, (максимальное количество сухого белья, которое может быть обработано за один цикл операций); номинальная потребляемая мощность электропривода при стирке белья, Вт; номинальная потребляемая мощность электропривода при отжиме белья, Вт; номинальная потребляемая мощность электронагревательного устройства, Вт, и масса, кг.

Номинальной загрузкой машины считается загрузка, соответствующая работе машины с максимальным количеством воды, на которое рассчитана машина, и максимальное количество сухого белья.

Машины должны стирать, полоскать и отжимать изделия без механических повреждений тканей.

Бытовые автоматические стиральные машины типа СМА предназначены для стирки белья по заданной программе. Стирка, замачивание и полоскание осуществляются механическим перемешиванием белья, помещенного в перфорированный барабан в стиральном растворе. Отжим белья осуществляется центрифугированием белья в том же барабане.

Процессы стирки в этих машинах полностью автоматизированы: залив и слив воды для всех операций, ввод моющих средств, замачивание, стирка с нагревом воды с бельем в баке стиральной машины до заданной температуры, полоскание и отжим. Разнообразный выбор программ позволяет стирать белье разной степени загрязненности, прочности, из тканей различной химической структуры качественно и не снижая степени износа.

Для автоматического управления процессами стирки с учетом физико-химических и механических процессов в барабане и свойств тканей, в автоматических стиральных машинах установлен целый ряд приборов контроля и регулирования процессов стирки, осуществляющих взаимодействие органов машин в определенной, за-

ранее заданной последовательности во времени. К ним относят командоаппарат, задающее устройство, датчик-реле уровня стирального раствора и т. п.

Непосредственно процесс стирки осуществляется в барабане стирального бака с помощью исполнительных органов: электромагнитного клапана, электродвигателя привода барабана, электронасоса, электронагревателя.

Автоматические стиральные машины отличаются по конструкции, по примененным электрическим схемам и используемым элементам автоматики.

Технические показатели стиральных машин регламентируются СТБ 1585-2005 «Машины электрические стиральные автоматические бытового назначения. Общие технические условия», ГОСТом 275704-87 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов», ТУ 120 120850-89 ТУ 37-461-038-93, ТУ 23.578 9514.1.53-92 и другими нормативными документами.

Из показателей надежности стиральных машин нормируют их долговечность, безотказность и сохраняемость при транспортировании. Машины не должны терять работоспособность после испытания на транспортную тряску.

Две основные группы, на которые можно разделить автоматические стиральные машины, это машины с фронтальной и с верхней загрузкой белья. Машины с фронтальной загрузкой бывают только барабанного типа, машины с верхней загрузкой могут иметь как горизонтальный, так и вертикальный барабан (последний тип стиральных машин популярен в Америке и странах Дальнего Востока).

Стиральные машины с фронтальной загрузкой различаются по геометрическим размерам. Наиболее массовым является «стандартный» размер – высота 85 см, ширина 60 см, глубина 55–60 см. Машины, корпус которых имеет глубину менее 55 см, относят к категории «узких». Естественно, загрузка белья в такие машины уменьшена с 5 кг до 3–3,5 кг.

### **Основные элементы стиральной машины с фронтальной загрузкой**

Корпус машины (рис. 1.1) выполнен из листовой углеродистой стали и состоит из штампованных деталей, соединенных между со-

бой сваркой. Сверху корпус закрывается крышкой, которая крепится винтами. Корпус машины окрашен белой краской. Внутри корпуса установлен бак с закрепленным на нем двухскоростным электродвигателем привода барабана. Бак подвешен на двух цилиндрических пружинах, которые крепятся к упорам корпуса. К нижней части бака с двух сторон приварены амортизаторы, прикрепленные к нижней части корпуса машины. Эта система вместе с противове-сами служит для уменьшения вибрации машины при работе.

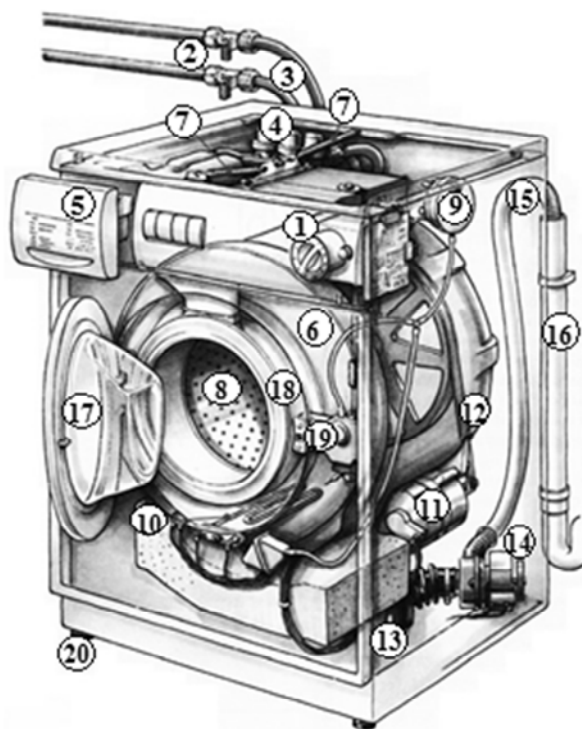


Рис. 1.1. Конструкция стиральной машины с фронтальной загрузкой:

- 1 – ручка программирования; 2 – вентили горячей и холодной воды;
- 3 – подводящие шланги; 4 – впускные клапаны; 5 – дозатор deterгента;
- 6 – стационарный бак; 7 – пружина подвески; 8 – вращающийся барабан;
- 9 – выключатель регулятора уровня воды; 10 – нагревательный элемент;
- 11 – электродвигатель; 12 – приводной ремень; 13 – водосборник;
- 14 – насос; 15 – выпускной шланг; 6 – сливной стояк; 17 – дверца;
- 18 – уплотнение дверцы; 19 – защелка дверцы; 20 – регулируемые ножки



Нагрев раствора в баке осуществляется при помощи нагревательного элемента (ТЭНа), а контроль за температурой раствора – с помощью термостата, температурный датчик которого установлен внутри бака. Белье загружается в перфорированный барабан через люк. Выбор программы стирки осуществляется поворотом рукоятки программатора. Барабан установлен внутри бака и вращается в подшипниковом узле, расположенном в крестовине. Вращение барабану передается от электродвигателя через ведомый шкив и приводной ремень. Барабан внутри имеет три ребра для лучшего перемешивания белья в процессе стирки.

Сзади машины в верхней части корпуса расположен блок подключения к водопроводной сети, который состоит из двух электромагнитных клапанов, соединенных шлангами с распределителем моющих средств (диспенсер). Уровень воды в баке регулируется с помощью реле уровня .

В верхней части корпуса расположена пластмассовая панель управления, на которую выведены рукоятка командоаппарата, клавишный переключатель для переключения режимов стирки, индикаторная лампа, сигнализирующая о работе машины, ручка бункера распределителя моющих средств. На панели управления нанесены наименования программ. В нижней части машины установлены сливной насос, который служит для откачки отработанного моющего раствора, съемный фильтр, закрывающийся крышкой, расположенной на передней стенке корпуса, конденсатор. Машина снабжена шлангами для подвода горячей и холодной воды и сливным шлангом.

**Типы систем подвески бака.** Назначение системы подвески – снизить амплитуду колебаний бака, возникающую при работе стиральной машины из-за дисбаланса белья в барабане. Для этой цели к баку также крепятся утяжеляющие его противовесы, которые выполняются из чугуна или бетона. Противовесы могут располагаться над баком, под ним или на передней крышке бака, а общая их масса достигать 20–30 кг. Противовесы из бетона имеют меньшую стоимость, однако из-за своей хрупкости могут расколоться при сильных ударах во время транспортировки. В ряде моделей бетонные противовесы заключены в пластиковую оболочку, что обеспечивает их сохранность даже при экстремальных ударных нагрузках.

Бак подвешен на пружинных и установлен амортизаторах (рис. 1.2). При возникновении резких колебаний бака шток амортизатора ока-

зывает давление на поршень внутри цилиндра. Поршень имеет специальную прокладку, пропитанную невысыхающей смазкой, которая также обеспечивает повышенное трение поршня. По окончании воздействия возвращения пружина приводит поршень и шток в исходное положение. К баку штоки амортизаторов крепятся с помощью целого набора специальных вкладышей и прокладок из резины.

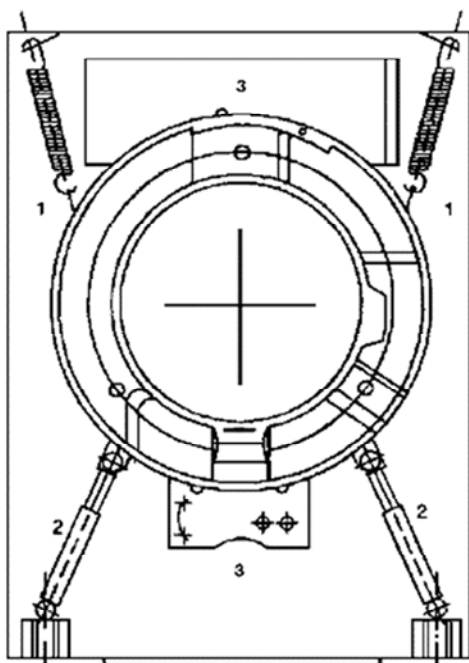


Рис. 1.2. Схема подвески бака машины:  
1 – пружины; 2 – амортизаторы; 3 – противовесы

**Виды приводов.** Традиционным способом передачи крутящего момента от вала электромотора на вал барабана является ременная передача (рис. 1.3). Но при всей своей простоте такая передача не лишена недостатков: из-за трения о шкив барабана ремень постепенно изнашивается и время от времени требует замены. Кроме того, работа стиральной машины с ременной передачей сопровождается вибрациями, шумом и потерями энергии, да и компактностью такая передача не отличается.



Рис. 1.3. Ременная передача вращения от электродвигателя к барабану

В качестве ведущих (именно тех, от которых передается вращающий момент) двигателей, применяются однофазные асинхронные и коллекторные двигатели различных типов.

1. Асинхронные двигатели. В некоторых СМА применяются также асинхронные двигатели с дополнительными обмотками и даже с тахогенератором. В режимах стирки обмотки коммутируются как обычно: контактами программатора, а при отжиме подключается дополнительная обмотка и электронный модуль. Такой способ позволяет добиться хорошей раскладки белья перед отжимом: барабан с бельем начинает вращаться на самых малых оборотах, затем скорость вращения постепенно увеличивается. Постепенно с увеличением оборотов прилипают и удерживаются сначала легкие, а потом и тяжелые предметы белья. Так осуществляется балансировка барабана с бельем. Чтобы обеспечить приемлемую раскладку белья, в СМА с обычными асинхронными двигателями (а заодно и увеличить скорость вращения барабана при отжиме) применяют различные шкивы вариаторного типа. Внутри находятся три небольших цилиндрических груза. Для них в подвижной части шкива отштампованы специальные пазы. При наборе скорости вращения грузы под действием центробежных сил разъезжаются в стороны от центра и перемещают подвижную часть шкива. При этом приводной ремень плавно выходит на больший диаметр шкива, и скорость вращения шкива барабана также увеличивается. Передаточный (приводной) ремень в данном случае клиновидный или клиновой.

2. Коллекторные двигатели. Для такого привода применяются специальные поликлиновые ремни, обеспечивающие лучшее сцепление со шкивом двигателя. Шкив двигателя имеет канавки, соответствующие профилю ремня. На основе данных, полученных с тахогенератора, микроконтроллер определяет степень дисбаланса барабана с бельем. Перед началом отжима барабан прокручивается сначала в одну сторону (допустим, белье поднимается вверх), затем в другую сторону (белье падает вниз). Микроконтроллер сравнивает длительности импульсов от этих вращений и в соответствии с программой «принимает» решение: продолжить отжим (вращение), увеличить скорость вращения или прекратить и начать заново раскладку белья в барабане.

В некоторых моделях с дисбалансом борются путем установки под баком концевых выключателей. При возникновении слишком большой амплитуды колебаний бак специально отштампованными на нем выступами вызывает срабатывание концевых выключателей, и вся схема питания тогда переводится снова в режим раскладки белья.

3. Несколько лет назад на отечественном рынке появились стиральные машины с прямым приводом (рис. 1.4). Часто для его обозначения используется аббревиатура DD, от английского Direct Drive – прямой привод. Такие машины выпускает южнокорейская корпорация LG (серия Intello washer). Электродвигатель в них надет прямо на ось барабана. Отсутствие передаточных элементов делает привод машины компактным, значительно снижает уровень шума и вибраций, позволяет оптимизировать расход электроэнергии.



Рис. 1.4. Электродвигатель прямого привода (LG)

Мощный и надежный электродвигатель прямого привода состоит из статора с набранными на нем 36 катушками индуктивности и ротора, представляющего собой постоянный магнит. Двигатель не имеет щеток, работает тихо, а в сборе с баком и барабаном представляет собой компактную конструкцию.

**Устройства для блокировки загрузочных люков.** Для предотвращения открывания люка стиральной машины с фронтальной загрузкой в процессе стирки применяются различные типы замков:

1. Замки с электромагнитом. Принцип действия: защелки, запирающие люк СМА, все время удерживаются пружиной. При включении СМА в сеть и при нажатии кнопки открывания люка, защелка втягивается внутрь катушки электромагнита и становится возможным открыть загрузочный люк.

2. Замки с термозементами. Основу термозамка составляют специальные термоземента и биметаллическая пластина (одна или две). Термоземента представляет собой полупроводниковый резистор с положительным температурным коэффициентом. Этот резистор резко увеличивает свое сопротивление, когда превышена его некоторая характеристическая температура. Конструктивное исполнение таких замков также очень разнообразно.

**Элементы для регулировки и контроля температуры (датчик температуры). Термостаты.** Для установки и контроля температуры воды при стирке или воздуха при сушке применяются термостаты различных конструкций. Термостаты могут быть регулируемы, нерегулируемы и защитного типа. Служит для контроля заданной температуры воды в баке.

Принцип действия термостата (рис. 1.5) основан на температурной деформации металлов. Используется пара скрепленных пластин, выполненных из металлов с различными коэффициентами теплового расширения (сталь и медь). Они образуют биметаллическую пластинку, скрепленную по всей длине. Такая пластина при нагреве прогибается в сторону металла с меньшим коэффициентом теплового расширения. За счет этого воздействия происходит замыкание контактов. Такой термостат называется «нормально-разомкнутым». Если при нагреве цепь термостатом разрывается, то он называется «нормально-замкнутым».

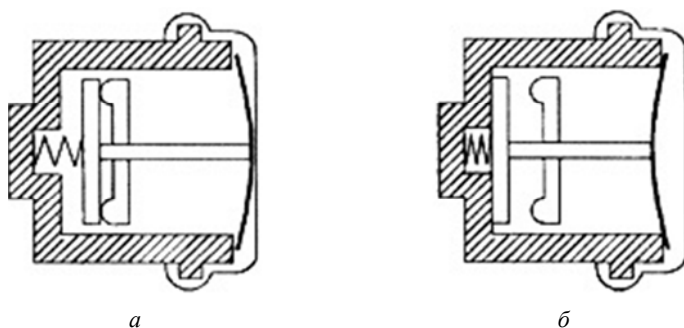


Рис. 1.5. Принцип действия термостата:  
*а* – замкнуто; *б* – разомкнуто

1. Основу нерегулируемого термостата составляет биметаллическая мембрана сферической формы. Термостаты с мембраной устанавливаются в бак СМА таким образом, чтобы его металлический корпус с мембраной имел непосредственный контакт со средой внутри бака. Принцип действия нерегулируемых термостатов простой: при нагревании до определенной температуры (той, на которую рассчитан термостат), биметаллическая мембрана практически мгновенно выгибается в обратную сторону. При этом она перемещает также и керамический плунжер (керамический стерженец диаметром 1,5–2,5 мм), который в свою очередь размыкает исполнительные контакты. После остывания мембрана принимает первоначальную форму, и исполнительные контакты вновь замыкаются.

2. Защитные термостаты имеют в основе биметаллическую мембрану. В отличие от регулируемых термостатов мембрана в защитном после остывания не возвращается в первоначальное положение. Для повторного включения после остывания в корпусе термостата сделана специальная кнопка, которая при нажатии возвращает мембрану в первоначальное положение. По конструкции термостаты бывают сдвоенными и совмещенными. В обоих имеется по две мембраны, настроенные на разные температуры.

**Командоаппарат.** Служит для координации всех исполнительных устройств автоматической стиральной машины. С помощью командоаппарата задается набор необходимых операций, их длительность, последовательность проведения. Управление происходит путем замыкания и размыкания контактов цепи питания. Наиболее

распространен электромеханический командоаппарат дискового типа (рис. 1.6). Он состоит из набора программных дисков (кулачков) и контактов, которые размыкаются или замыкаются при повороте дисков. Вращение насаженных на ось дисков осуществляет шаговый электродвигатель, питающийся от сети 220 В.

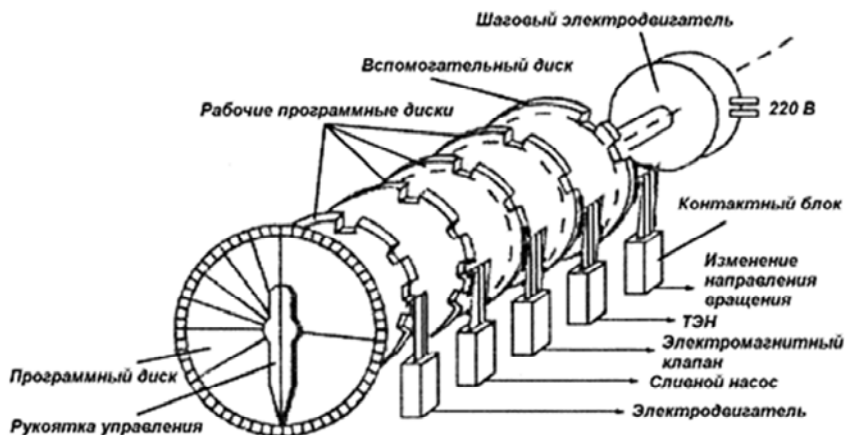


Рис. 1.6. Принцип действия командоаппарата

Выступы программных дисков поднимают подвижный контакт, замыкая цепь питания соответствующего исполнительного устройства. Установка программных дисков в заданное пользователем положение осуществляется с помощью рукоятки, выведенной на панель управления. Этим устанавливается заданная программа стирки. Количество программных дисков определяется заложенным разработчиком количеством программ стирки. Программные диски по своему назначению делятся на две группы: рабочие (основные) и вспомогательные (скоростные, реверсивные). Рабочие диски управляют электромагнитным клапаном, двигателем, нагревателем, сливным насосом. Вспомогательные диски управляют изменением направления вращения барабана во время стирки и сушки, а также специальными программами стирки и отжима. Программные диски совершают дискретные повороты (шаги). Полный оборот диска обычно составляет 60 шагов. В зависимости от конструкции командоаппарата время полного оборота составляет 90–300 минут. Время

нахождения контактов в замкнутом положении определяется профилем программного диска. Для наглядного отображения положения контактов на каждом шаге выполнения программы строится циклограмма командоаппарата.

**Системы управления автоматических стиральных машин.** Наиболее распространенной системой управления автоматических стиральных машин является электромеханическая (с командоаппаратом, рассмотренным выше). Кроме нее существуют смешанные и электронные системы управления. Управление происходит как основными операциями (две стирки, полоскание, отжим, сушка), так и операциями по обеспечению заданных уровня и температуры воды. Продолжительность основных операций задается конструктором при создании программ стирки. А продолжительность, например, нагрева воды определяется напряжением питающей сети, температурой поступающей в бак воды. Продолжительность заполнения бака водой – давлением воды в питающей магистрали, степенью засоренности фильтра. Поэтому конец каждой из этих операций – срабатыванием реле уровня и температуры, рассмотренных выше. Главным в этой системе является командоаппарат, взаимодействующий с датчиками температуры и уровня, управляющий всеми исполнительными устройствами стиральной машины. Электронная система управления приходит на смену рассмотренной выше в более дорогих моделях стиральных машин. Главной в этой системе является электронная плата управления, содержащая систему питания и микропроцессор. Система осуществляет полное автоматическое управление работой стиральной машины по заданной пользователем программе. Кроме того, она производит контроль работы систем безопасности стиральной машины. Предусмотренные тестовые программы осуществляют диагностику работоспособности машины.

Электронный модуль управления (рис. 1.7) бывает двух типов:

– в первом типе присутствует электромеханический программатор со всеми своими функциями: подключение ТЭНа, переключение направления ведущего мотора, включение сливного насоса-помпы и т. д.;

– во втором типе модулей – управление всеми силовыми элементами: двигателем, ТЭНом, насосом, клапанами, осуществляется с помощью электронных ключей на основе мощных полевых транзисторов или симисторов.



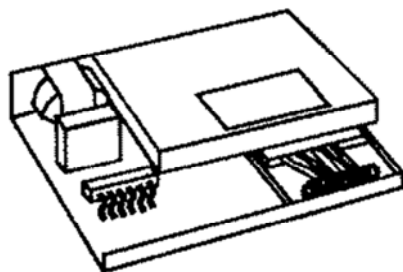


Рис. 1.7. Внешний вид электронного устройства управления

**Бак стиральной машины.** Бак может выполняться из стального листа, который во избежание коррозии хромируется (так называемые «нержавеющие» баки) либо эмалируется. В последние десятилетия все большее распространение получают баки из пластмасс, эти материалы фирмы-производители называют по-разному: poliplex, carboran, polytenax, silitech и т. д.

Обычно бак имеет форму круглого цилиндра. В ряде моделей фирмы Candy для дополнительной экономии воды при стирке бак имеет овальную форму (рис. 1.8).

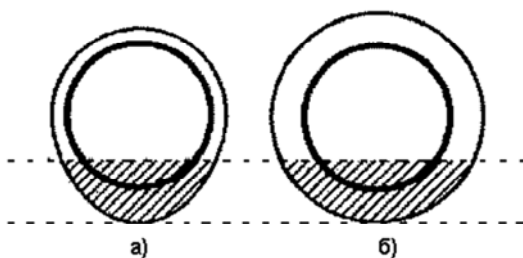


Рис. 1.8. Бак стиральной машины:  
а – овальной формы; б – цилиндрической формы

Пластмассовые баки дешевле и технологичнее металлических, стойки к коррозии, их материал обладает более низким по сравнению с металлом коэффициентом теплопроводности, хуже проводит звук, в результате чего уменьшается шум при работе машины и тепловые потери при нагреве воды. Главный недостаток пластмассовых баков – хрупкость, которая приводит к обламыванию

крепежных ушек и образованию трещин при сильных ударах во время транспортировки стиральной машины.

**Барaban стиральной машины.** Барабан всегда выполняется из нержавеющей стали и представляет собой перфорированный цилиндр, в который при стирке помещается белье. В машинах с верхней загрузкой укреплены оба конца оси барабана, в машинах с фронтальной загрузкой барабан крепится консольно. В машинах с верхней загрузкой барабан имеет люк для загрузки белья. На внутренних стенках барабана практически у всех современных стиральных машин имеются трехгранные выступы, зацепляющие белье при вращении барабана. Во многих моделях эти выступы заполняются водой при прохождении барабаном нижней части бака, а затем эта вода изливается на белье через выполненные в грани отверстия перфорации («эффект орошения»).

**Гидравлическая система стиральной машины.** Гидравлическая система включает в себя входные электромагнитные клапаны, распределитель моющих средств, сливной насос и набор патрубков, соединяющих эти компоненты с баком стиральной машины, а также шланги налива и слива воды. Сливной насос часто конструктивно объединяется с фильтром, который улавливает предметы, оторвавшиеся от одежды или выпавшие из ее карманов (пуговицы, монеты и т. д.), и препятствует их попаданию в канализацию. Для извлечения этих предметов из насоса в цокольной части стиральной машины предусматривают крышку, через которую можно произвести очистку насоса.

**Сливной насос-помпа.** Для удаления (откачки) воды или моющего раствора из бака СМА по окончании программы стирки служат центробежные насосы-помпы (рис. 1.9) разнообразных конструкций.

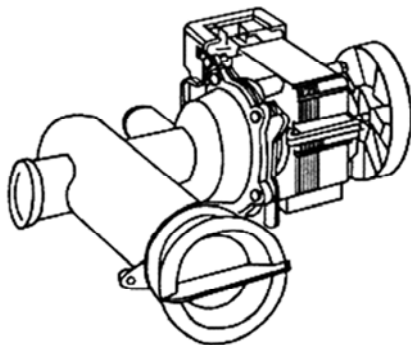


Рис. 1.9. Внешний вид насоса помпы

**Датчик давления.** Применяются различные датчики давления (реле уровня или прессостат, рис. 1.10).

1. Одноуровневый датчик давления (ДД). Принцип работы: при поступлении воды в бак СМА воздух, который находится в шланге давления и в нижней камере ДД, оказывает давление на длинную резиновую диафрагму(мембрану). На диафрагме есть нажимная площадка. Поскольку под воздействием давления воздуха диафрагма выгибается, то нажимная площадка давит наконечником на пружину контактной группы ДД. По достижении нужного уровня воды в баке контакты переключаются, отключается питание от клапанов подачи воды.

2. Многоуровневый ДД. Позволяет обеспечивать разный уровень воды в баке. Рассмотрим конструктивные особенности на примере трехуровневого ДД. Он содержит три группы перекидывающихся контактов. Все они расположены в верхней части корпуса ДД – над мембраной (диафрагмой). Для соблюдения очередности переключения в ДД используется разноплечее коромысло, а контактные пружины имеют разную толщину.

3. Малогабаритный ДД. Внутри также, как и у других ДД, есть и резиновая диафрагма (мембрана), и пластмассовая площадка с нажимным наконечником, но нет коромысла, так как в этом ДД только одна контактная пара. Но прибор имеет на верхней части корпуса четыре контакта вместо трех. Четвертый контакт при дальнейшем повышении уровня воды в баке (допустим, открылся и не закрывается клапан подачи воды) включается и подает напряжение питания на сливной насос-помпу, и начинается откачка воды или моющего раствора из бака.

4. ДД, в которых переключающие контакты вообще отсутствуют, т. к. в них нет необходимости. Вместо них применен колебательный контур. Контур подключен к специальной схеме генератора колебаний. Принцип действия: при увеличении уровня воды в баке резиновая мембрана перемещает ферритовый сердечник колебательного контура, и в результате этого изменяется частота колебаний на выходе генератора.

5. ДД, которые применяются в СМА с микроконтроллерным управлением. В них сохранена резиновая диафрагма. Разница в конструкции верхней части корпуса. Например, есть вариант, где к контактным выводам на верхней части корпуса припаяна печатная плата с цепочкой резисторов, включенных последовательно. На

плату с резисторами подается отдельное напряжение питания 5 В. При переключениях контактных пар ДД поочередно коммутируются резисторы и на контактном выходном разьеме платы формируются опорные напряжения, соответствующие каждому из уровней давления для управления заливом воды в диспенсер (распределитель моющих средств) для разных этапов стирки.

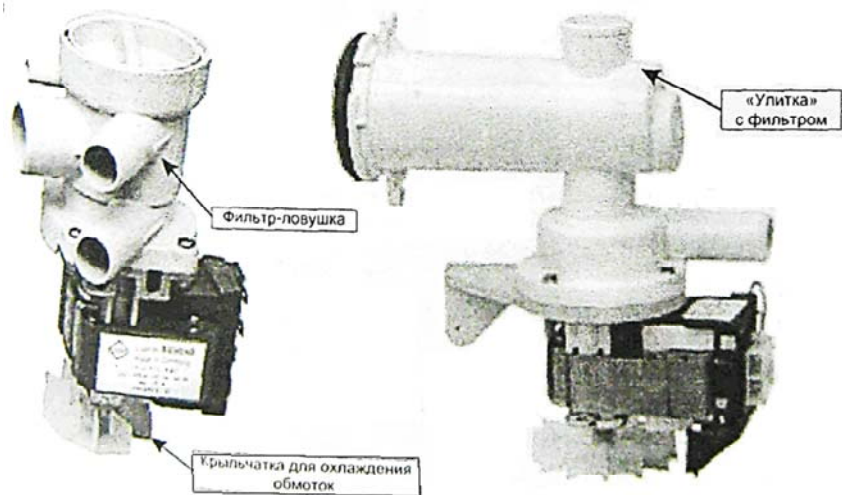


Рис. 1.10 Внешний вид датчиков давления (реле уровня)

**Входной клапан СМА.** Для автоматической подачи воды из магистральной в бак СМА служит нормально закрытый электромагнитный клапан (рис. 1.11). В наиболее простых СМА установлен только один одинарный клапан, в более дорогих, например, рассчитанных на подключение и к холодной воде и к горячей, устанавливают несколько клапанов. Конструктивное исполнение этих клапанов разнообразно. Также существуют немного более сложные клапаны, которые называются многосекционными. С помощью их удобно регулировать скорость подачи воды в диспенсер (распределитель моющих средств). В нем установлены специальные вставки в выходной штуцер клапана. Эти вставки сделаны из пластмассовой основы с отштампованными выступами и резиновой шайбой. Либо они представляют собой цилиндры с отверстиями.

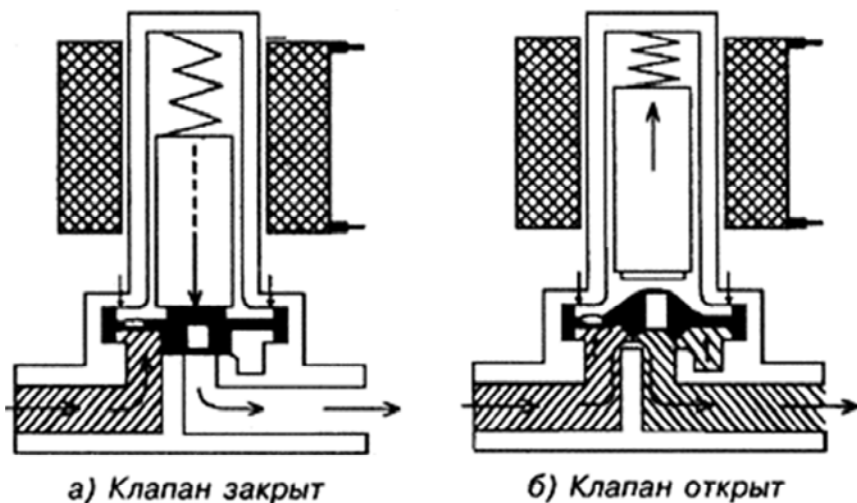


Рис. 1.11. Электромагнитный клапан

**Распределитель моющих средств (диспенсер).** Все автоматические стиральные машины снабжены специальными устройствами – выдвигаемыми кассетами-лотками или контейнерами-диспенсерами для загрузки в них моющих средств перед началом стирки: стирального порошка, отбеливателя и кондиционера-ополаскивателя. В СМА с фронтальной загрузкой применяются выдвигаемые лотки с отделениями для предварительной и основной стирок. Они также имеют отделения с сифонами для отбеливателя и кондиционера. Управление лотками осуществляется по-разному. Это может быть лоток (рис. 1.12), в который вода подается из разных штуцеров, соединенных шлангами с электро-клапанами, которые подают воду в разных режимах работы СМА.

Также управление может осуществляться с помощью специального поворотного крана, вмонтированного во внешний корпус лотка (рис. 1.13). Подобные системы применяются в СМА, имеющих только один клапан для подачи воды. Поворотный кран, наливающий воду в разные отсеки лотка, управляется пластмассовым поводком, соединенным с кулачковой насадкой. В зависимости от положения насадки будет повернут и кран.

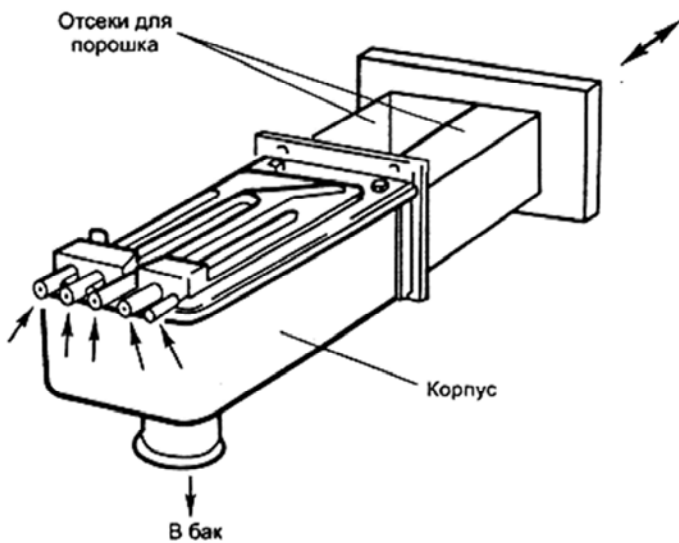


Рис. 1.12. Тип выдвижного лотка для моющих средств с электромагнитными клапанами

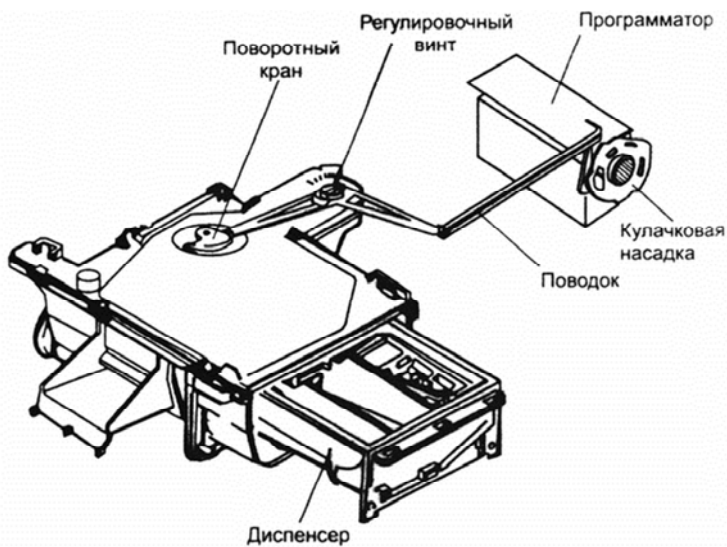


Рис. 1.13. Системы управления поворотным краном лотка-контейнера в СМА с фронтальной загрузкой

**Трубчатый электронагревательный элемент (ТЭН).** ТЭН служит для нагрева воды в баке и представляет собой трубчатый корпус проволокой с высоким омическим сопротивлением, заключенной в изолятор из силикатного изолирующего материала.

ТЭНы бывают:

1. ТЭНы обычной конструкции (рис. 1.14) имеют внутри лишь предохранитель однократного действия: если он перегорает, ТЭН приходится заменять.

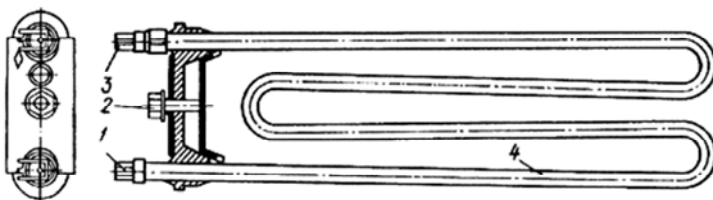


Рис. 1.14. Конструкция трубчатого электронагревателя (ТЭНа):  
1, 3 – выводы; 2 – винт; 4 – трубка электронагревателя

2. ТЭНы с системой защиты, которая может быть конструктивно разнообразна.

Система защиты работает следующим образом: при перегреве растекается сплав, находящийся в торцах трубок. Внутри трубок находятся подпружиненные медные стержни. Концы этих стержней фактически припаяны легкоплавким припоем к торцам трубок. При перегреве один из стержней выталкивается пружиной и через керамический плунжер размыкает контакты питания.

Еще одна конструкция ТЭНа имеет систему защиты не менее эффективную на основе биметаллического стержня и микро-выключателя. Микро-выключатель укреплен шарнирно прямо на наружной скобе ТЭНа. При перегреве микро-выключатель разрывает цепь питания ТЭНа. Некоторые модели ТЭНов имеют отдельный термopредохранитель на температуру 157 °С. Он вставлен в защитный термостойкий чехол, и в свою очередь чехол с предохранителем вставляется в металлическую тонкостенную гильзу, приваренную к наружной скобе ТЭНа и постоянно находящуюся в зоне нагрева в воде. Предохранитель также включен последовательно со спиралью ТЭНа.

Применяют и другие устройства защиты ТЭНов. Это специальные защитные термостаты на биметаллической основе, которые включа-

ются последовательно со спиралью ТЭНа в цепь питания. В такой системе невозможна подача напряжения на выводы ТЭНа, если в баке по каким-то причинам нет воды. Мощность ТЭНа составляет 2 кВт. Это наибольший потребитель электроэнергии в стиральной машине. В сборе с ТЭНом предусмотрен термо-предохранитель, который прерывает цепь питания ТЭНа, если последний включится в бак без воды.

3. ТЭН проточного типа (рис. 1.15). В этой конструкции тоже используется трубчатый нагреватель. Он намотан в виде спирали на металлическую трубку, через которую прокачивается вода. Вся конструкция заключена в корпус-рубашку, на котором расположен защитный термостат.

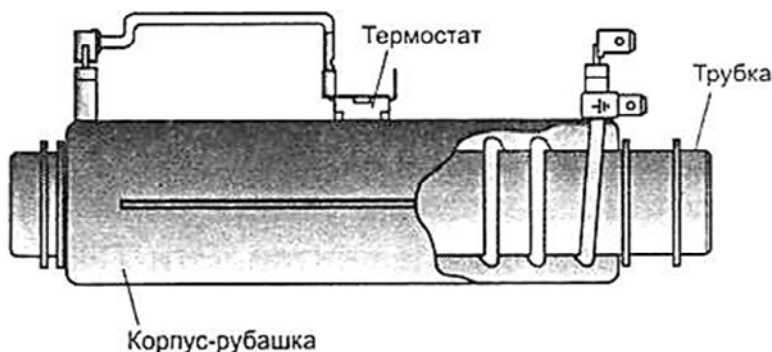


Рис. 1.15. Конструкция ТЭНа проточного типа

### Режимы стирки барабанных стиральных машин

Режим стирки барабанных машин включает следующие операции: предварительная стирка, основная стирка, полоскание, спецобработка, отжим.

**Предварительная стирка** предназначена для насыщения ткани моющими средствами, уменьшения адгезии и удаления основной части загрязнения, находящегося на поверхности ткани и в переплетениях между волокнами.

Для повышения отстирываемости и уменьшения потери прочности в результате скручивания ткани вводят реверсивные режимы стирки, заключающийся в переменном изменении направления вращения барабана с паузой между вращениями. В этом случае ре-



зультулирующее механическое воздействие (в %) будет составлять только часть общего времени:

$$M = \frac{t_{\text{в}}}{t_{\text{в}} + t_{\text{п}}} = 100, \quad (1.1)$$

где  $t_{\text{в}}$  – время вращения барабана, с,  $t_{\text{в}} = t_{\text{вл}} + t_{\text{вп}}$  ( $t_{\text{вл}}$  и  $t_{\text{вп}}$  – время вращения барабана соответственно влево и вправо);

$t_{\text{п}}$  – время паузы между левым и правым вращением барабана, с.

Время цикла реверсирования можно записать в виде

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{вл}} + t_{\text{п}} + t_{\text{вп}}. \quad (1.2)$$

Если время реверсирования в процессе стирки различно, общее механическое воздействие

$$M_0 = \frac{(M_1 t_1 + M_2 t_2 + \dots + M_n t_n)}{T}, \quad (1.3)$$

где  $M_1, M_2, \dots, M_n$  – механическое воздействие в каждом реверсировании, %;

$t_1, t_2, \dots, t_n$  – время каждого реверсирования, мин;

$T$  – суммарное время реверсирований, мин.

Механическое воздействие бывает трех режимов: интенсивного ( $M = 70\%$ ) при структуре реверсирования  $t_{\text{ц1}} = 14 + 4 + 14$  с,  $t_{\text{ц2}} = 12 + 3 + 12$  с; нормального ( $M = 50\%$ ) при структуре реверсирования  $t_{\text{ц1}} = 10 + 5 + 10$  с и  $t_{\text{ц2}} = 9 + 4 + 9$  с; бережного ( $M < 40\%$ ) при структуре реверсирования  $t_{\text{ц1}} = 5 + 5 + 5$  с,  $t_{\text{ц2}} = 5 + 10 + 5$  с и  $t_{\text{ц3}} = 3 + 18 + 3$ .

Время предварительной стирки определяется временем нагрева моющего раствора до заданной температуры и временем набухания волокон. В процессе набухания происходит ослабление молекулярных связей волокна и загрязнения. Этот процесс практически завершается через 20–25 минут. Учитывая, что время нагрева составляет 15–20 минут, то время предварительной стирки в большинстве стиральных машин задается 20 минут.

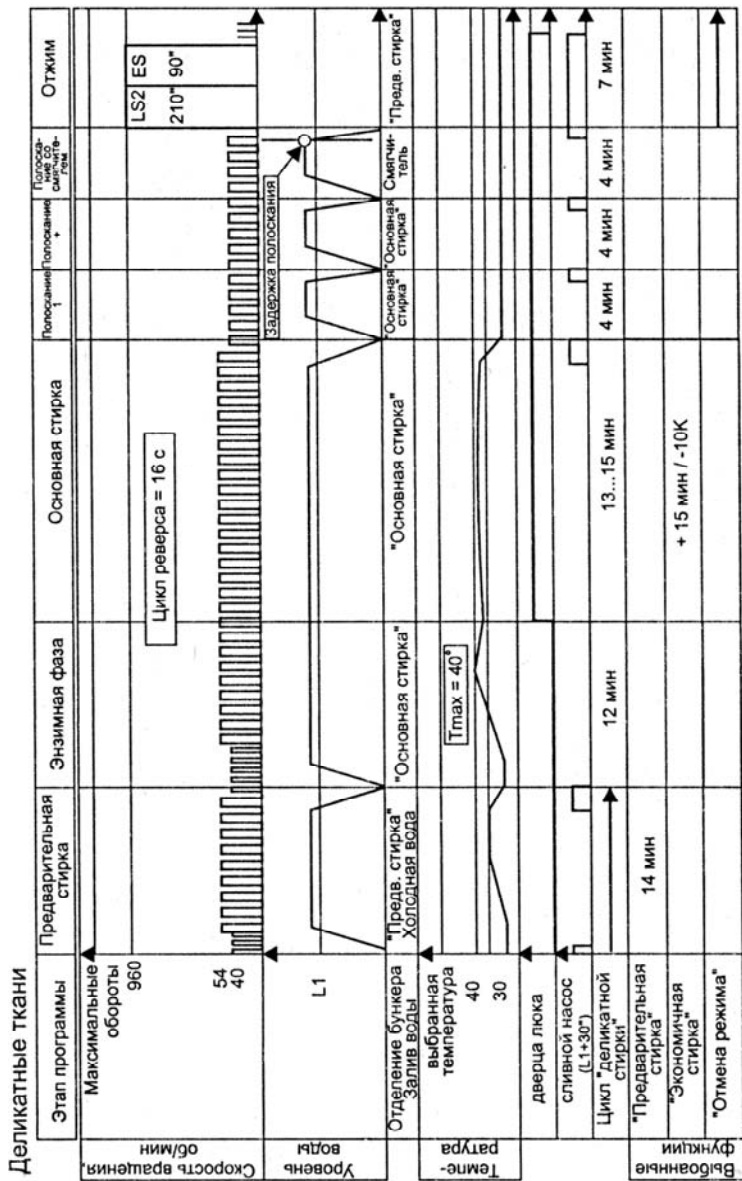
**Основная стирка.** Производится при максимально допустимой температуре для данного вида ткани. Время основной стирки состоит

из времени нагрева моющего раствора до заданной температуры  $t_n$  и времени стирки после нагрева  $t_c$ . Время  $t_n$  зависит от температуры нагрева, температуры заливаемой воды, температуры окружающей среды и водного модуля. Водный модуль представляет количество воды в литрах на 1 кг сухого белья. В современных стиральных машинах оптимальное значение водного модуля для барабанных стиральных составляет 2,2–3,6 л/кг. Чем больше водный модуль, тем больше времени требуется на нагрев воды. Время на нагрев воды, как правило, составляет 5–20 минут. Для снижения потери прочности ткани для основной стирки белья рекомендуется следующий режим механического воздействия: при нагреве раствора до 40 °С применять бережный режим; при нагреве раствора от 40 до 85 °С – нормальный, при достижении 85–90 °С – интенсивный. При достижении заданной температуры нагревательный элемент выключается, так как температура за это время снижается незначительно.

**Полоскание.** Процесс сводится к удалению из ткани остатков растворимых веществ, стирального раствора, отдельных частиц загрязнений, оставшихся в ткани. В процессе полоскания используется большое количество воды. Выбор правильной технологии полоскания может дать большую экономию воды. Для повышения качества полоскания во всех моделях предусмотрено интенсивное механическое воздействие. Эффективным методом повышения качества полоскания является введение промежуточного отжима между полосканиями длительностью 1–2 мин.

**Отжим влаги из ткани.** В СМА отжим является самой сложной технологической операцией. Отжим осуществляют при частоте вращения барабана от 630 до 1200 мин<sup>-1</sup>. При отжиге необходимо обеспечить равномерную раскладку белья в барабане. Поэтому используют специальные способы выхода на режим отжима с заданной частотой. К таким способам относится прерывистый режим, состоящий из нескольких простых фаз отжима, прерываемых во времени для обеспечения равномерного распределения массы белья вдоль обечайки барабана.

Для определения наиболее оптимальных параметров процесса стирки на основании многочисленных исследований были разработаны циклограммы стирки для различных типов белья, разной степени загрязнения и при различных температурах. Пример циклограммы стирки представлен на рис. 1.16.



Цикл реверса:  
 Нормальная стирка: "ВКЛ" = 4 с, "ВЫКЛ" = 12 с  
 Деликатная стирка: "ВКЛ" = 2,5 с, "ВЫКЛ" = 13,5 с

Рис. 1.16. Пример циклограммы для режима деликатной стирки

## Практическая часть

1. Провести испытания для построения циклограммы стирки.

1.1. Подготовиться к испытанию.

1.1.1. В зависимости от типа белья выбрать оптимальный режим стирки и оптимальную загрузку барабана (см. паспорт стиральной машины).

1.1.2. Установить режим стирки на панели управления.

2.1. Провести испытания.

2.1.1. Подготовить секундомер и таблицу для записи результатов измерения.

Таблица 1.1

Определение времени механического воздействия  
в каждом цикле реверсирования для каждой операции стирки

1-реверсирование			2-реверсирование			<i>n</i> -реверсирование		
$t_{вл, с}$	$t_{п, с}$	$t_{вп, с}$	$t_{вл, с}$	$t_{п, с}$	$t_{вп, с}$	$t_{вл, с}$	$t_{п, с}$	$t_{вп, с}$
$t_{в} = t_{вл} + t_{вп, с}$			$t_{в} = t_{вл} + t_{вп, с}$			$t_{в} = t_{вл} + t_{вп, с}$		
$M_1, \%$			$M_2, \%$			$M_n, \%$		

2.1.2. Включить режим стирки.

2.1.3. Для каждой операции цикла стирки определить  $t_{в}$  – время вращения барабана, с,  $t_{в} = t_{вл} + t_{вп}$  ( $t_{вл}$  и  $t_{вп}$  – время вращения барабана соответственно влево и вправо);  $t_{п}$  – время паузы между левым и правым вращением барабана, с, и количество вращений до следующего этапа цикла стирки.

2.1.4. Определить величину механического воздействия на ткань для каждой операции цикла стирки по формуле 1.1.

2.1.5. Определить длительность каждой операции цикла стирки.

2.1.6. Данные занести в табл. 1.2.

Таблица 1.2

## Длительность операций цикла стирки

Вид машины	Операции цикла стирки и их характеристики						
	Залив воды, мин	Предварительная стирка, мин	Основная стирка, мин	Полоскание 1-е, мин	Количество полосканий	Отжим, мин	Время до открытия люка, мин
Барабанная с фронтальной загрузкой							
Барабанного типа							

3. Провести испытание для определения качества отжима.

3.1. Подготовиться к испытанию.

3.1.1. В зависимости от типа белья выбрать оптимальный режим стирки и оптимальную загрузку барабана.

3.1.2. Установить режим стирки на панели управления.

3.1.3. Взвесить сухое белье.

3.1.4. Загрузить белье в барабан.

3.2. Проведение испытания.

3.2.1. Включить стиральную машину.

3.2.2. По окончании цикла стирки выгрузить влажное белье и взвесить.

3.2.3. Определить остаточную влажность.

$$B = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \%,$$

где  $m_1$  – масса сухого белья;

$m_2$  – масса белья после отжима.

3.2.4. Определить класс стиральной машины по эффективности отжима, пользуясь табл. 1.3.

Таблица 1.3

Классы стиральной машины по эффективности отжима

Класс	Влажность белья после стирки	Скорость отжима
A	Менее 45 %	1600 об /мин
B	От 54 до 63 %	1200 об/мин
C	От 63 до 72 %	1000 об/мин
D	От 81 до 90 %	800 об/мин

**Содержание отчета**

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Основные технические характеристики стиральной машины.
4. Конструкция стиральной машины с фронтальной загрузкой.
5. Результаты проведения испытаний.
6. Таблицы с результатами измерений.
7. Вычисления величины механического воздействия на ткань для каждой операции цикла стирки.
8. Вычисление остаточной влажности ткани.
9. Определение класса машины по качеству отжима.
10. Выводы о проделанной работе.

**Контрольные вопросы**

1. Классификация стиральных машин автоматических.
2. Основные узлы стиральных машин.
3. Системы управления стиральными машинами.
4. Типы нагревательных элементов.
5. Принцип работы электромагнитного клапана.
6. Режим стирки барабанных СМА.

## Лабораторная работа № 2

### СТИРАЛЬНАЯ МАШИНА АВТОМАТИЧЕСКАЯ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКОЙ

#### Цель работы

1. Ознакомиться и изучить конструктивные особенности автоматических стиральных машин с вертикальной загрузкой.
2. Изучить функциональные цепи автоматических стиральных машин.
3. Изучить гидромеханические процессы в барабанных стиральных машинах.
4. Получить навыки разборки и сборки стиральной машины с вертикальной загрузкой AEG Lavamat.

#### Задачи работы

1. Определить геометрические параметры барабана стиральной машины.
2. Исходя из критерия фактора разделения Фруда, определить частоту вращения барабана для различных режимов стирки.

#### Инструменты и принадлежности

1. Машина стиральная с вертикальной загрузкой AEG Lavamat.
2. Комплект инструментов.

#### Теоретическая часть

##### Особенности стиральных машин с вертикальной загрузкой

Автоматические стиральные машины с люком сверху по своим функциям ничем не уступают СМА с горизонтальным люком. Они имеют все основные узлы, которые могут несколько отличаться своими конструктивными особенностями. Стиральные машины с вертикальной загрузкой делятся на машины с вертикальной осью вращения барабана и с горизонтальной осью вращения.

**СМА с вертикальной осью вращения.** Делятся на машины активаторного типа и машины с лопастными мешалками. Модели активаторного типа отличаются минимальными вибрациями и небольшим уровнем шума. В активаторной стиральной машине основные функции выполняет винтообразная деталь сложной формы. При вращении она интенсивно перемешивает белье, что обеспечивает высокую эффективность стирки. Однако она недостаточно бережно обращается с вещами. Белье быстро скручивается в жгуты. В некоторых ситуациях происходит блокировка электропривода. Отмеченные проблемы решают с применением импеллера. Крыльчатка этого типа вращается в разные стороны с высокой скоростью и может совершать качательные движения. Производители специально подбирают размеры и места размещения лопастей для перемешивания без чрезмерного механического воздействия на вещи. В таком режиме приводной механизм выполняет свои функции бесперебойно. Повышают эффективность стирки с применением принудительной аэрации. Именно в активаторных модификациях устанавливают прозрачные крышки для оперативного наблюдения за процессом стирки. Следует отметить другие особенности техники этого типа, которые конструкторы часто применяют на практике: вместо классического ТЭНа используют подключение к магистрали с горячей водой. Это сокращает время рабочих циклов и уменьшает затраты на электроэнергию. В такой технике не нужна тщательная балансировка, как в барабанных моделях. Поэтому при высокой надежности допустима загрузка более 10 кг белья (с учетом ограничений конкретного производителя). При вертикальном расположении оси упрощается равномерное распределение нагрузок, продлевается срок службы, уменьшается уровень шумов. Однако такие машины не получили широкого распространения. Меньший объем выпуска подразумевает большие производственные затраты, увеличение себестоимости. Также для объективности следует отметить скромный ассортимент

**СМА с горизонтальной осью вращения.** Компоненты барабанной стиральной машины с вертикальной загрузкой с горизонтальной осью вращения представлены на рис. 2.1. На этом чертеже крупными цифрами отмечены основные детали конструкции: специальный корпус бака (2) с вырезом в верхней части образует рабочий объем. К нему подсоединены шланги (4) для подачи воды



и удаления отработанной жидкости вместе с загрязнениями и моющими средствами. Люк (1) в некоторых моделях делают прозрачным для оперативного контроля. Барабан (7) создают из надежной нержавеющей стали с перфорацией. Он закреплен горизонтально на двух опорах (6), которые не препятствуют вращению. Для загрузки вещей применяют люк (5) с двумя створками. В простейшем варианте пользователь сам поворачивает его в нужное положение. Дорогие модели техники выполняют аналогичную операцию автоматически. Ременной передачей (6) бак соединен с электрическим двигателем.

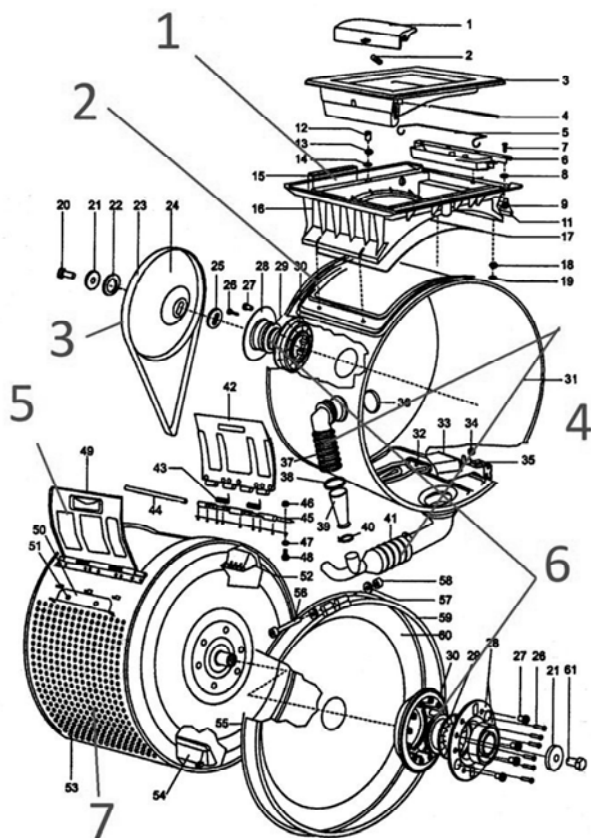


Рис. 2.1. Компоненты СМА с вертикальной загрузкой с горизонтальной осью вращения

Такие машины имеют ряд достоинств:

1. Компактные размеры. Несмотря на то, что вместительность белья в данных стиральных машинах аналогична моделям с горизонтальной загрузкой, они имеют меньшие габариты. Это позволяет установить их в ограниченных пространствах без ущерба качеству работы.

2. Экономичность пространства. Если для стиральных машин с горизонтальной загрузкой белья необходимо предусмотреть некоторое пространство для открытия дверцы люка, то при установке агрегатов с вертикальной загрузкой этого не нужно. Ведь люк открывается сверху.

3. Удобство использования. Чтобы достать или уложить белье в барабан, не нужно многократно наклоняться или присаживаться, поскольку вещи загружаются сверху.

4. Надежность конструкции. Барабан в стиральной машине держится на двух подшипниках, это снижает шанс выхода их из строя от перегруза или возникновения дисбаланса белья в барабане.

### Принцип действия стиральной машины

Все СМА в своем составе имеют одинаковые функциональные цепи. Рассмотрим функциональную схему автоматической стиральной машины. Следует иметь в виду, что работа машины во всех режимах возможна только при закрытой дверце, поэтому во все цепи входит микро-выключатель блокировки дверцы (люка).

**Система налива воды.** От водопровода через открываемый вручную вентиль или систему AQUA-STOP, через фильтр грубой очистки вода подается на клапан налива. Этим клапаном управляет непосредственно реле уровня. Команды на срабатывание этого реле подает командоаппарат (рис. 2.2). Пройдя открытый клапан налива, вода смывает в бак стиральный порошок из соответствующего отдела бункера моющих средств. По заполнению бака моющим раствором до нужного объема срабатывает реле уровня. Клапан налива перекрывает воду.

**Система нагрева воды.** В машину заливается, как правило, холодная вода. Поэтому воду для эффективной стирки необходимо подогреть до нужной температуры. Ее значение определяется заданным режимом стирки, и она лежит в пределах 40–90 градусов. Исполнительным устройством служит ТЭН (электронагреватель).

Командоаппарат дает команду на включение нагрева после заполнения бака, а на выключение – по срабатыванию датчика температуры (рис. 2.3).

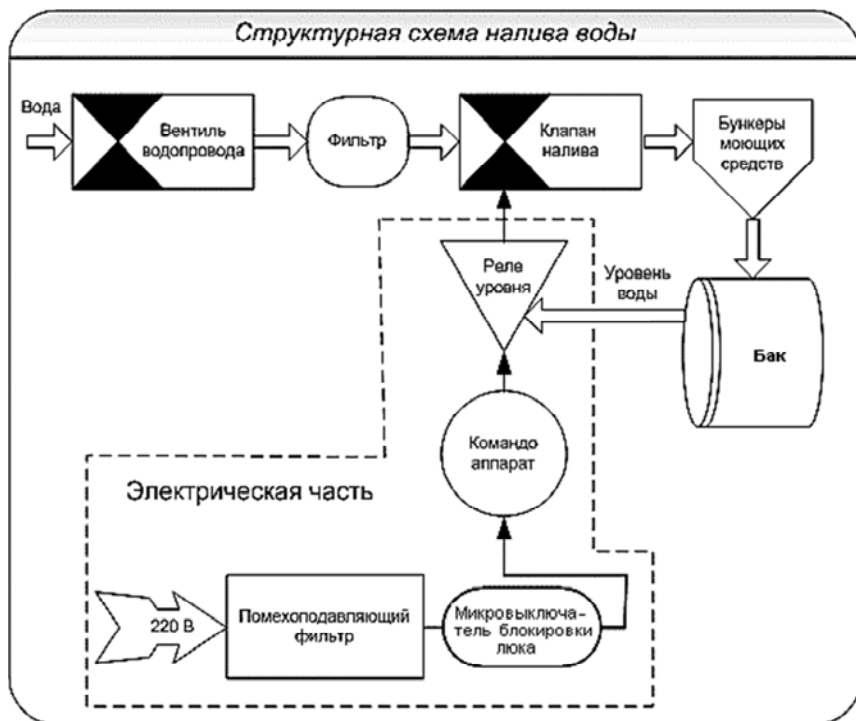


Рис. 2.2. Структурная схема налива воды

**Система стирки.** Задача данной системы – обеспечивать вращение барабана по заданной программе (сначала в прямом, затем после паузы в обратном направлении) в течение определенного времени (рис. 2.4). Барабан вращается в частично заполненном водой со стиральным порошком баке. Белье подхватывается ребрами, поднимается наверх, затем падает в воду. Процесс напоминает отбивание белья о воду. Кроме того, перфорированные ребра зачерпывают воду, проворачиваются в верхнее положение и выливают ее сверху на белье, имитируя дождь. При этом могут применяться дополнительные подрежимы, обеспечивающие повышение качества

стирки. Например, в дорогих моделях система впрыска, при которой за счет специального насоса вода бьет сильной струей в белье, распластанное на стенках барабана. Вода принудительно прокачивается через ткань. Систему впрыска производители называют по-разному: Актива, Джет, Душ, Гейзер.

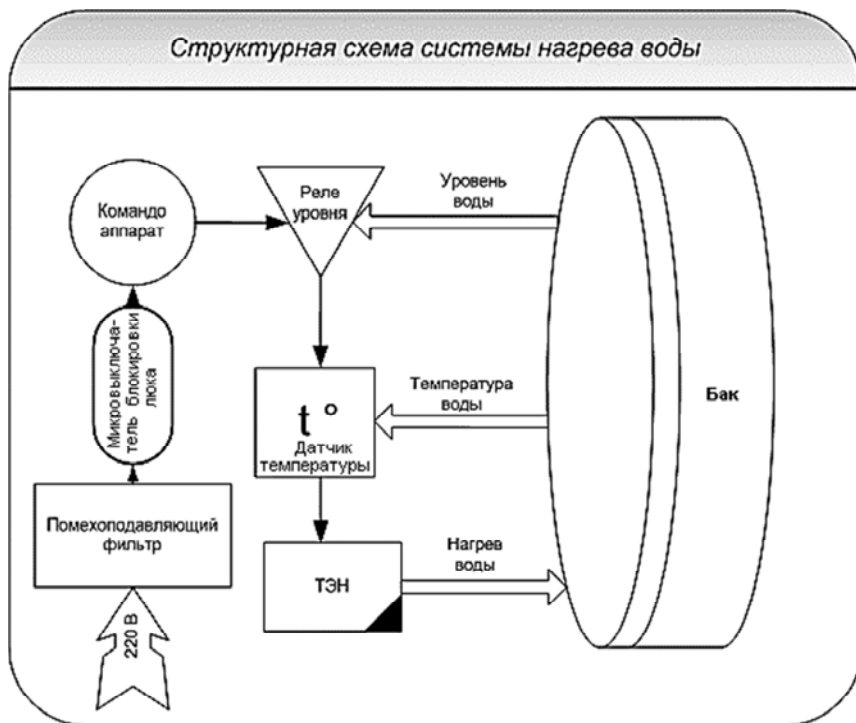


Рис. 2.3. Структурная схема системы нагрева воды

**Система слива грязной воды** (рис. 2.5). Ее исполнительной частью является насос, который включается по сигналу командо-аппарата. При этом происходит перекачка воды из бака в канализацию. Режим слива включается как при окончании цикла стирки, так и в ходе отжима белья. Следует отметить, что длина сливного шланга должна быть минимально возможной и не превышать 2 метра. Для откачки воды в более удаленную канализацию двигатель должен постоянно работать в состоянии перегрузки.

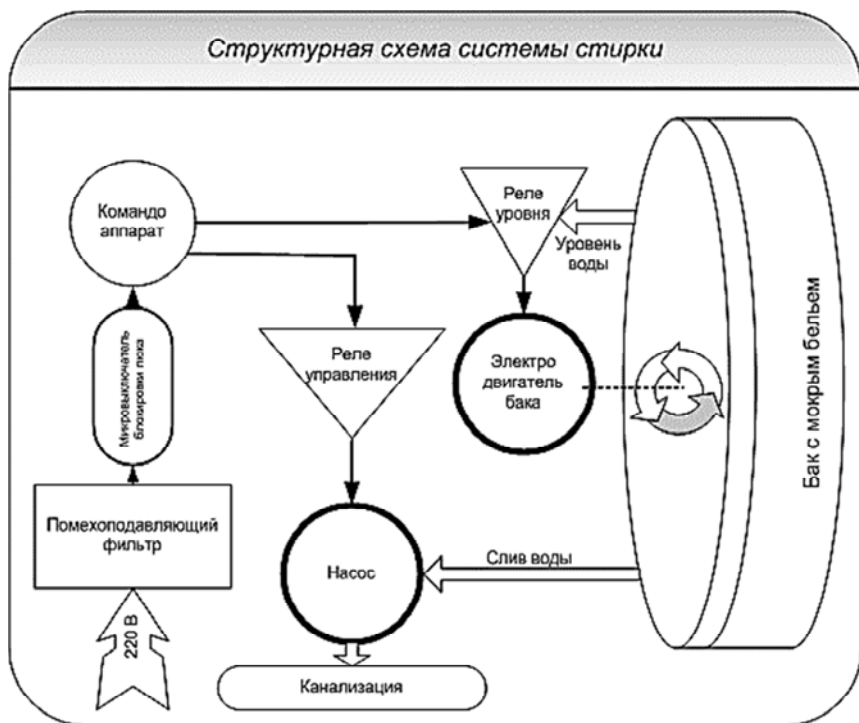


Рис. 2.4. Структурная схема системы стирки

**Система отжима.** Исполнительным элементом этой системы является двигатель (рис. 2.6), вращающий с большой скоростью барабан с мокрым бельем. Чем выше эта скорость, тем суше белье выходит после отжима. У большинства автоматических стиральных машин число оборотов при отжиме лежит в пределах 400–1600 об/мин. У ряда машин число оборотов отжима может быть установлено пользователем, исходя из типа стираемого белья. Ступенчатая регулировка скорости вращения характерна для машин с асинхронным двигателем, а плавная – для машин с коллекторным двигателем. Команду на двигатель формирует командоаппарат и через реле уровня подает ее на двигатель. Последний начинает вращать барабан, разгоняя его до номинальной (или заданной пользователем) скорости. При накоплении в баке отжатой воды определенного объема срабатывает реле управления насосом отлива. Насос начинает

перекачку отжатой воды в канализацию. По истечении заданного программой времени отжима командоаппарат отключает двигатель вращения бака и насос.

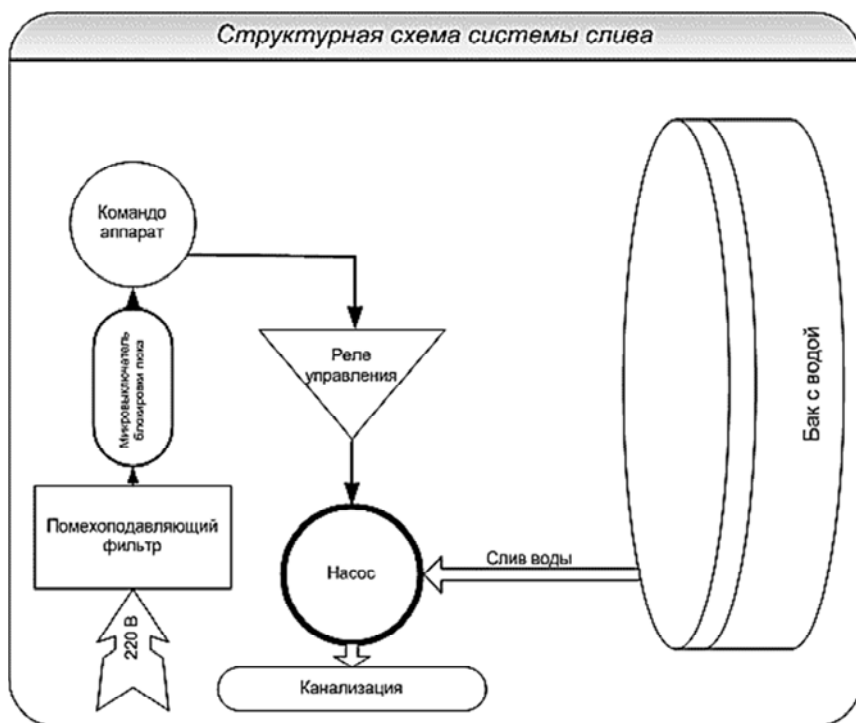


Рис. 2.5. Структурная схема системы слива

**Система сушки.** Представлена лишь в некоторых машинах, называемых стирально-сушильными (рис. 2.7). Сушка происходит горячим воздухом. Нагрев воздуха производится специальным нагревательным элементом. Вентилятор гонит мощный поток горячего воздуха в бак и барабан стирально-сушильной машины. Белье нагревается. Исходящий от горячего белья пар потоком воздуха увлекается в конденсатор пара. Для лучшей конденсации влаги через конденсатор пара прокачивается холодная вода. Пар конденсируется, а образовавшийся конденсат откачивается насосом в канализацию. Осушенный горячий воздух вновь поступает в ба-

рабан с бельем, и процесс повторяется Температуру воздуха при сушке можно выбирать в зависимости от вида ткани. В течении всего цикла сушки барабан вращается с переменной скоростью и направлением, чтобы белье сохло равномерно, без заминов. Степень остаточной влажности можно регулировать: от слегка влажного для немедленной глажки до полностью сухого, если белье не нужно гладить. Система сушки предусматривает сушку половинного объема от максимальной загрузки барабана. Полная сушка длится до трех часов.

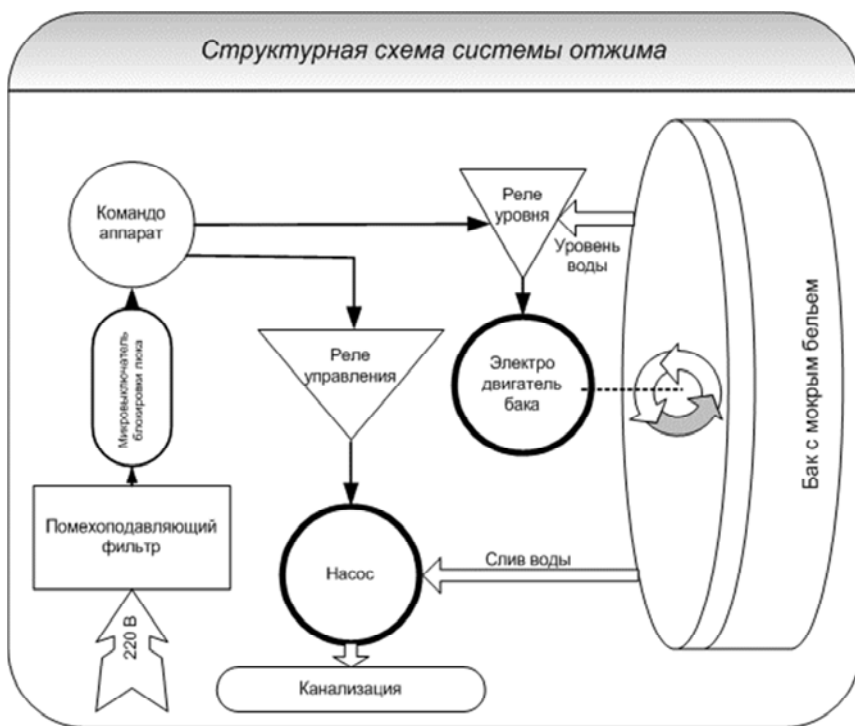


Рис. 2.6. Структурная схема системы отжима и слива отжатой воды

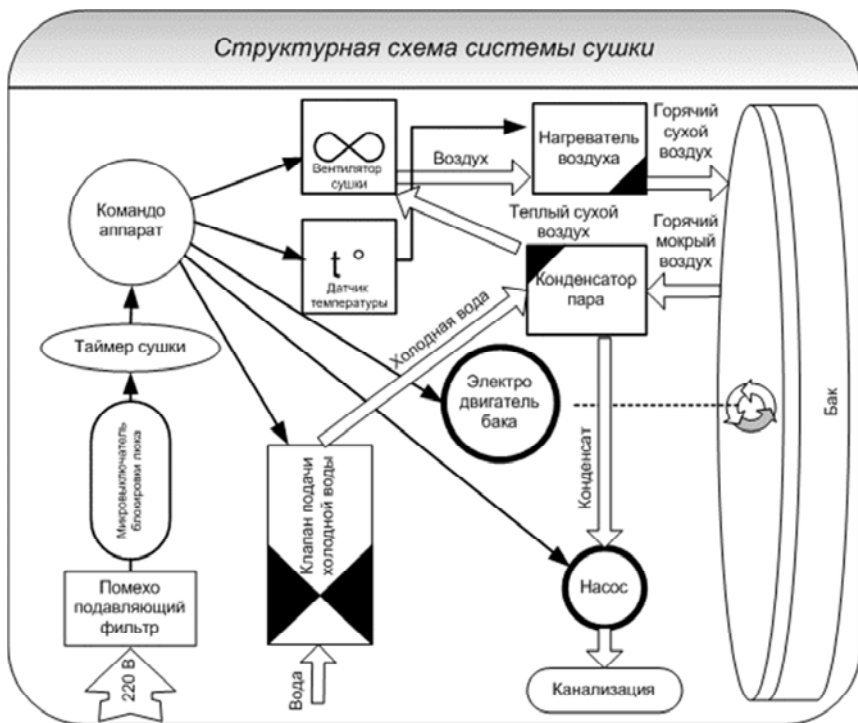


Рис. 2.7. Структурная схема системы сушки

### **Гидромеханические процессы в барабанных стиральных машинах**

При барабанном способе стирки механическое воздействие на ткань осуществляется не в результате движения потока моющего раствора, а путем механического перелопачивания изделий в стиральном барабане. Механическое воздействие заключается в том, что изделия при вращении в барабане захватываются расположенными внутри гребнями, поднимаются и под действием собственной массы падают в жидкость. Очевидно, что механическое воздействие тем больше, чем больше кинетическая энергия будет сообщена массе ткани, а, следовательно, определяется диаметром барабана, уровнем воды в баке, частотой вращения барабана, размером и числом гребней.



Рассмотрим силы, действующие на материальную точку А на внутреннем гребне барабана (рис. 2.8).

$P_m = m \cdot g$  – сила тяжести;

$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R$  – центробежная сила;

$F_{тр} = p \cdot f$  – сила трения,

где  $p$  – давление материала на гребень;

$f$  – коэффициент трения;

$\omega$  – угловая скорость барабана.

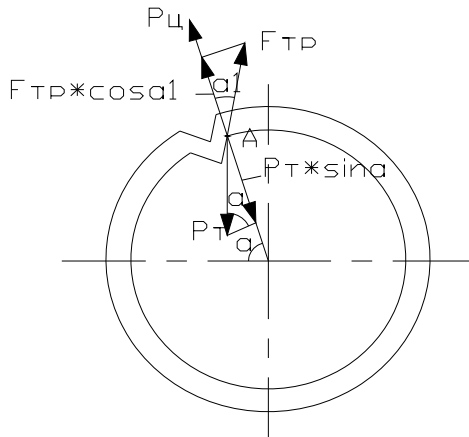


Рис. 2.8. Силы, действующие на материальную точку в барабане стиральной машины с горизонтальной осью вращения

Угол подъема  $\alpha$  точки А соответствует моменту, когда она начинает соскальзывать с гребня. При этом справедливо равенство:

$$P_t \cdot \sin \alpha = P_{ц} + F_{тр} \cdot \cos \alpha_1,$$

$$\sin \alpha = \frac{\omega^2 \cdot R}{g} + \frac{F_{тр}}{m \cdot g} \cdot \cos \alpha_1 = 1,$$

$$\frac{m \cdot \omega^2 \cdot R}{m \cdot g} = \frac{P_{ц}}{P_t} = \Phi,$$

где  $\Phi$  – критерий Фруда или фактор разделения.

Критичный угол подъема:

$$\alpha_{\text{кр}} = \pi/2,$$

$$n_{\text{кр}} = 0,6 / \sqrt{D},$$

где  $D$  – диаметр барабана.

Практически установлено, что оптимальный фактор разделения Фруда  $\Phi$  для стиральных машин барабанного типа должен быть 0,85–0,9 при частоте вращения 50–60 об./мин.

При небольшой частоте вращения (рис. 2.9, *a*) имеет место скользящий (лавинообразный) режим, при котором происходит постепенное соскальзывание верхних слоев ткани. При этом режиме  $\Phi \ll 1$ ,  $\omega \ll \omega_{\text{кр}}$ .

С увеличением частоты вращения барабана ткань не соскальзывает, а поднимается на максимальную высоту и падает с максимальной кинетической энергией (рис. 2.9, *б*) – лавинно-водопадный режим ( $\Phi < 1$ ,  $\omega < \omega_{\text{кр}}$ ).

Рассмотрим движение потока в этом режиме, различая две его части: восходящую 1 и нисходящую 2.

Восхождение потока изделий вместе с частью жидкости происходит из левого верхнего квадранта окружности барабана в правый нижний квадрант. При подъеме, выше горизонтального диаметра, положение точки  $A$  соответствует максимальной кинетической энергии. При отрыве точки от поверхности барабана часть энергии идет на деформацию изделия при ударе и создание динамического напора жидкости. При подъеме и падении изделий происходит обтекание их поверхности рабочей жидкостью под действием силы тяжести. Это вызывает резкое увеличение поверхностных сил трения. Силы трения, действуя на поверхностные загрязнения изделий, способствуют их сдвигу и удалению в раствор.

При дальнейшем увеличении частоты вращения, когда центробежные силы превышают силу тяжести, действующую на массу мокрой ткани, ткань прижимается к барабану в виде кольца и вращается вместе с ним (рис. 2.9, *в*) критический (водопадный) режим стирки ( $\Phi = 1$ ,  $\omega = \omega_{\text{кр}}$ ).

При дальнейшем значительном увеличении частоты вращения происходит отжим воды из белья (рис. 2.9, *г*) закритический режим стирки ( $\Phi \gg 1$ ,  $\omega \gg \omega_{кр}$ ).

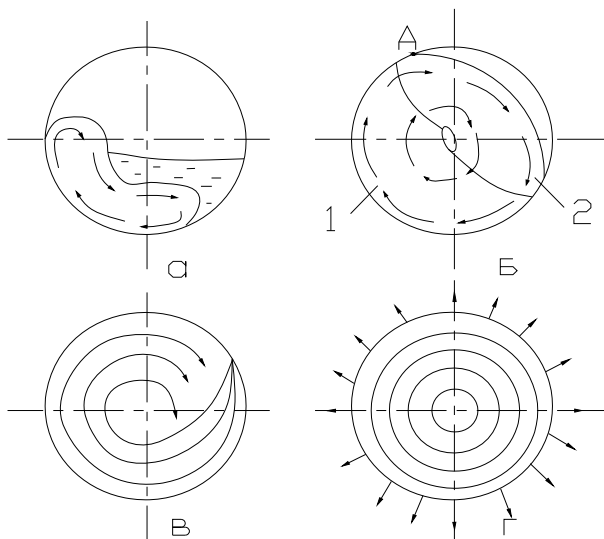


Рис. 2.9. Движение ткани в барабане стиральной машины:  
*а* – лавинообразный режим; *б* – лавинно-водопадный режим;  
*в* – критический режим; *г* – закритический режим

### Практическая часть

1. Снять верхнюю крышку и детали панели управления AEG Lavamat.
2. Разобрать корпус стиральной машины AEG Lavamat.
  - 2.1. Изучить конструкцию деталей корпуса, применяемые материалы, методы сборки.
3. Определить геометрические параметры бака и барабана стиральной машины. Определить диаметр барабана  $D$ , высоту  $h$  барабана, объем барабана  $V$ .
4. Определить частоту вращения барабана для разных режимов вращения, пользуясь фактором разделения Фруда для разных режимов стирки.

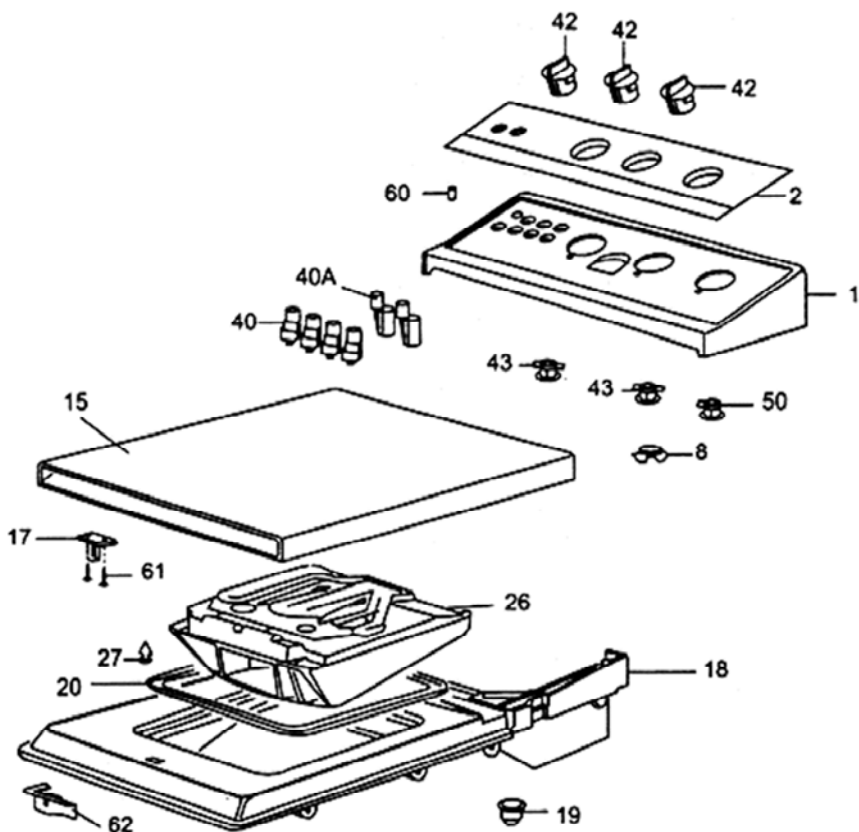


Рис. 2.10. Конструктивные элементы стиральной машины AEG Lavamat (верхняя крышка и панель управления):

- 1 – панель управления; 2 – накладка панели управления; 8 – шайба;  
 15 – верхняя крышка; 17 – защелка; 18 – внутренняя крышка;  
 19 – накладка петли; 20 – прокладка крышки; 26 – корпус дозатора мощных средств; 27 – вставка; 40 – кнопка; 42 – ручьятка;  
 43, 50 – крепеж кнопочного переключателя; 60 – втулка; 62 – накладка

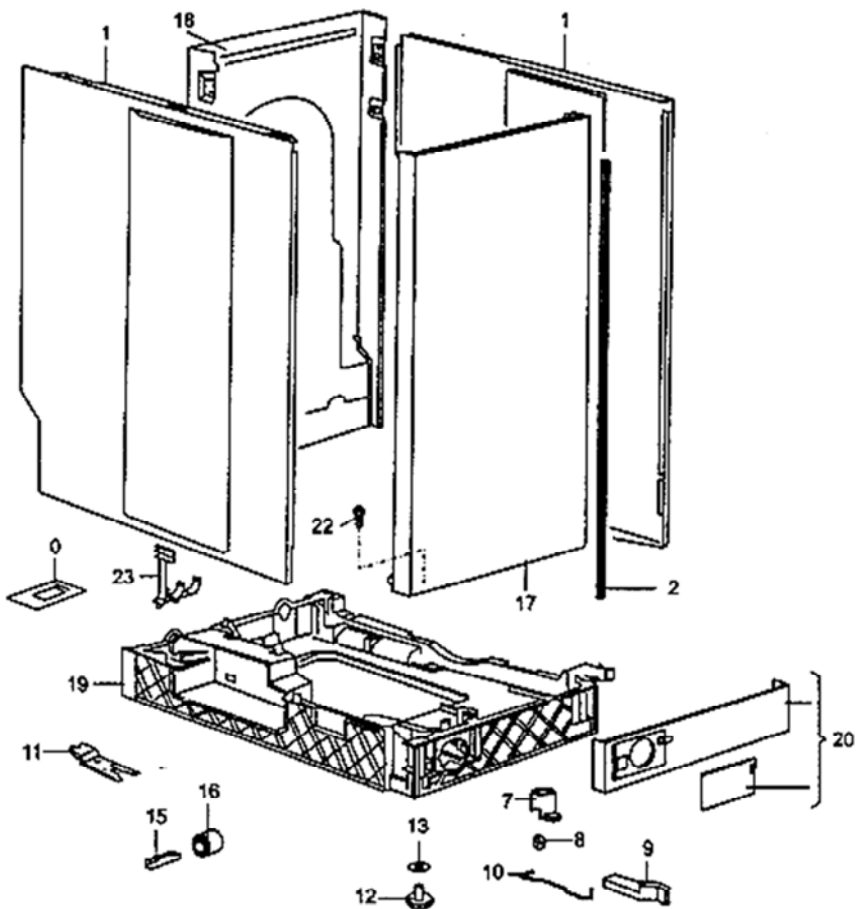


Рис. 2.11. Конструктивные элементы стиральной машины AEG Lavamat (корпус):

- 1 – левая боковая панель, правая боковая панель; 2 – планка;  
 7 – опора ролика; 9 – вставка; 10 – фиксатор; 11 – ключ;  
 12 – регулируемая ножка; 13 – гайка; 15 – шпилька ролика; 16 – ролик;  
 17 – передняя панель; 18 – задняя панель; 19 – основание; 20 – цоколь;  
 22 – винт; 23 – крепежная скоба

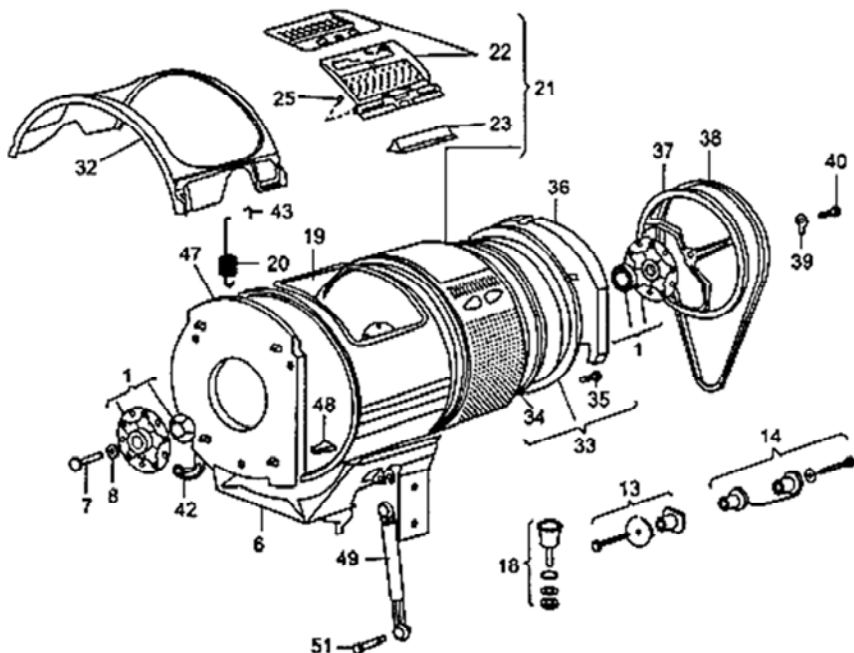


Рис. 2.12. Конструктивные элементы стиральной машины  
AEG Lavamat (бак и барабан):

- 1 – опора подшипника в сборе; 6 – одбаковый кожух; 7 – винт;  
 8 – шайба; 13 – левый крепеж электродвигателя;  
 14 – правый крепеж электродвигателя; 18 – опора ТЭНа; 19 – бак;  
 20 – передняя пружина и задняя пружины подвески; 21 – барабан в сборе;  
 22 – створка люка; 23 – пластиковая накладка барабана; 25 – винт;  
 32 – рамка; 33 – правый фланец; 34 – уплотнение;  
 36, 47 – правый и левый противовесы; 37 – шкив; 38 – ремень;  
 42 – крестовина; 49 – правый и левый амортизаторы; 51 – болт

### Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Теоретическая часть.
4. Основные технические характеристики стиральной машины AEG Lavamat 4940.
5. Конструкция стиральной машины с вертикальной загрузкой. AEG Lavamat 4940.

6. Геометрические параметры барабана стиральной машины AEG Lavamat.

7. Расчет частоты вращения барабана для различных режимов стирки.

8. Выводы о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Классификация стиральных машин автоматических с вертикальной загрузкой.

2. Конструктивные особенности автоматических стиральных машин с вертикальной загрузкой.

3. Функциональные цепи автоматических стиральных машин.

4. Гидромеханические процессы в барабанных стиральных машинах.

## Лабораторная работа № 3

### ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ИСПЫТАНИЕ СВЧ-ПЕЧИ

#### Цель работы

1. Изучить принцип работы СВЧ-печи по описанию, изложенному в инструкции.
2. Ознакомиться с техническими характеристиками СВЧ-печи LG-модель: МН-676 TD.
3. Определить СВЧ-мощность колориметрическим методом.

#### Задачи работы

1. Изучить основные термины и определения.
2. Изучить характеристики и конструкцию микроволновой печи.
3. Изучить методику проведения испытаний.
4. Подсчитать мощность в камере СВЧ-печи колориметрическим методом.
5. Определить равномерность нагрева в камере СВЧ-печи.
6. Сделать вывод.

#### Инструменты и принадлежности

1. СВЧ-печь LG-модель: МН-676 TD.
2. Кастрюля из жаропрочного стекла объемом 1,5 л.
3. Термометр.

#### Теоретическая часть

##### Термины и определения

Термины	Определения
Датчик	Элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующий контролируемую величину в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, регистрации и воздействия на управляемые процессы



Магнетрон	Электрoвакуумный прибор для генерирования импульсных и непрерывных колебаний СВЧ, в котором энергия от электронов передается СВЧ-полю колебательной системы из объемных резонаторов
Реле	Элемент автоматических устройств, который при воздействии на него внешних физических факторов скачкообразно изменяет свое состояние и принимает конечное число значений выходной величины
Волновод	Полая, металлическая трубка для передачи энергии от генератора к нагрузке в СВЧ-диапазоне
СВЧ-печь	Сложный аппарат, состоящий из нескольких электротехнических и электронных узлов

**Особенности сверхвысокочастотной энергии.** СВЧ-энергия может быть применена для приготовления пищи, сушки белья, размораживания продуктов и в других бытовых устройствах, где необходима тепловая энергия. Широкое распространение СВЧ-энергия получила в технологии приготовления пищи. Под действием переменного поля в веществе возникает поляризация, т. е. направленное перемещение связанных электрических зарядов. Для веществ, в состав которых входит вода, главным видом поляризации является дипольная, вызванная несимметрией расположения атомов водорода относительно атомов кислорода. Поляризация молекул со сверхвысокой частотой вызывает трение между ними с выделением теплоты, которая растет с увеличением частоты  $f$  и напряженности  $E$  поля. Удельная тепловая энергия, выделяемая веществом ( $\text{Вт/см}^3$ ):

$$P = 0,566 \cdot w' \cdot \text{tg} \nu \cdot f \cdot E^2 \cdot 10^{-12},$$

где  $w'$  – диэлектрическая проницаемость.

При пересечении СВЧ-полем проводника возникает поверхностный эффект, состоящий в том, что движение носителей тока вытесняется к поверхности. Чем больше частота, тем больше проявляется действие поверхностного эффекта. Глубина проникновения тока в проводнике (см):

$$H = 9,55 \cdot 10^3 / f \cdot w'^{1/2} \cdot \text{tg} \nu.$$

За глубину проникновения принимают глубину, на которой напряженность поля уменьшается в  $e$  раз ( $e$  – основание натуральных логарифмов) (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Глубина проникновения поля частотой 2450 МГц  
в различные продукты при температуре 18–25 °С

Продукт	$W'$	$tg\gamma$	Глубина проникновения поля, см
Мясо (говядина)	48–50	0,35–0,38	1,1–1,3
Свиной шпик, жир	3,2	0,86	5–6
Рыба (судак, треска)	44–52	0,37–0,39	1,5–1,7
Картофель	51–59	0,23–0,28	1,8–2,4
Свекла	48–52	0,25–0,26	2–2,2
Яблоки	54–60	0,23–0,27	1,6–1,8

Глубина проникновения электромагнитного поля в вещество уменьшается с увеличением  $w'$ ,  $tg\gamma$ ,  $f$ , а выделяемая тепловая энергия повышается. Следовательно, частота для СВЧ-приборов должна быть выбрана из компромиссных соображений (выбрана частота для СВЧ-приборов 2450 МГц). СВЧ-нагрев по сравнению с радиационными способами нагрева обладает следующими преимуществами:

1. При СВЧ-нагреве генерация теплоты происходит внутри самого нагревательного продукта. В СВЧ-приборах почти вся теплота идет на нагрев продуктов, а посуда нагревается незначительно в результате получения теплоты от горячего продукта.

2. Продолжительность тепловой обработки продуктов СВЧ-энергией значительно сокращается (табл. 3.2.)

3. За счет сокращения времени тепловой обработки СВЧ-энергией снижаются потери массы продуктов на 10–30 % при сохранении витаминов, органических и минеральных веществ, естественного цвета и вкусовых качеств.

4. При применении СВЧ-приборов в быту снижаются затраты электроэнергии на 50–70 % по сравнению с применением электроплит.

5. Простота уборки рабочей камеры после приготовления блюд обусловлена тем, что во время тепловой обработки продукты не подгорают.

6. После приготовления блюд меньше загрязненной посуды.

Таблица 3.2

Технологические процессы обработки продуктов  
и время тепловой обработки

Процесс	Продукт, блюдо	Масса, кг	Время приготовления, мин
Размораживание	Мясо	1,5	45
	Цыпленок	1,5	30
	Отбивные	0,3	8
	Рагу	0,3	5
	Пирог	0,2	1,5
	Малина	0,3	3
Приготовление блюд	Индейка	3	80
	Курица	1	30
	Плов	0,2	13
	Пирог	1	10
	Сосиски	0,02	0,45
Разогрев блюд	Суп	0,6	2
	Бульон	0,5	1,5
	Бутерброд	0,1	0,3
	Булочка	0,1	0,3

При перечисленных преимуществах СВЧ-приборы не могут полностью заменить традиционные приборы для приготовления пищи. Это объясняется тем, что получаемые при приготовлении на СВЧ-приборах блюда не имеют традиционного вида, а сохраняют вид полуфабрикатов, который имеет продукт до тепловой обработки.

### СВЧ-печи. Устройство и работа СВЧ-печи

СВЧ-печь – сложный аппарат, состоящий из нескольких электротехнических и электронных узлов.

**Корпус.** Корпус большинства СВЧ-печей выполняется в форме прямоугольного параллелепипеда. На лицевой стороне корпуса имеются органы управления и дверца рабочей камеры. Корпус выполняют из окрашенных эмалей листов. Съемные элементы облицовки крепят к каркасу печи, на облицовочных панелях предусмотрены жалюзи для прохода охлажденного воздуха. Некоторые СВЧ-печи

в нижней части корпуса имеют выдвижной лоток с фильтром для очистки воздуха, подаваемого вентилятором на охлаждение СВЧ-генератора и вентиляцию рабочей камеры.

**Рабочая камера.** Пищевые продукты размещают в нижней части рабочей камеры, на специальном поддоне из диэлектрического материала. Благодаря такому размещению электромагнитные волны, генерируемые магнетроном, отражаются от стенок рабочей камеры и проникают в обрабатываемый продукт со всех сторон. Для обеспечения равномерного нагрева продукта, независимо от места его размещения в нижней части камеры, используют специальные устройства, которые располагают в рабочей камере. Такие как:

1. СВЧ-генератор – магнетрон, который возбуждает переменное электромагнитное поле СВЧ-частоты.

2. Диссектор (мешалка), который применяют для равномерного нагрева продукта в рабочей камере. Вместо диссектора можно использовать вращающийся столик.

3. Магнитный привод, который используют с целью герметизации рабочей камеры.

**Дверца рабочей камеры.** Должна удовлетворять ряду специфических требований, предъявляемых к ее размерам, направлению открытия, защите от утечек СВЧ-энергии из рабочей камеры, визуальному контролю за процессом тепловой обработки.

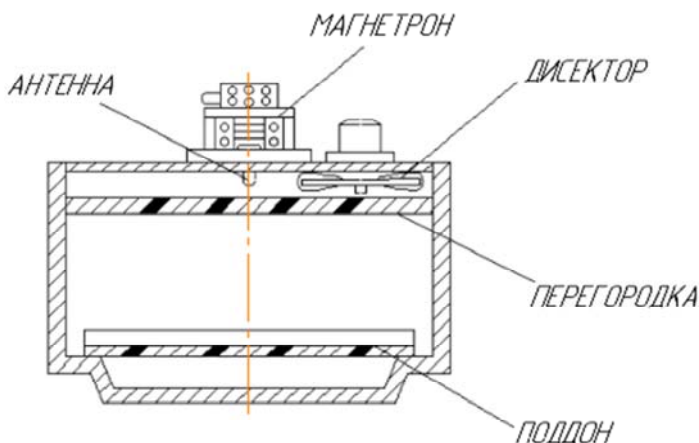


Рис. 3.1. Размещение магнетрона на верхней стенке рабочей камеры СВЧ-печи

**Генератор СВЧ-энергии или магнетрон.** Это прибор, в котором электрическая энергия постоянного тока преобразуется в энергию электромагнитного поля СВЧ. Коэффициент полезного действия магнетрона составляет 55–60 %, срок службы – 1,5–2,5 тыс. ч., колебательная мощность – 0,4–1,2 кВт, частота – 2450 МГц.

Внешний вид магнетрона изображен на рис. 3.2. Излучение микроволновой энергии осуществляется от антенны 1, представляющей собой штенгель, на который плотно посажен металлический колпачок (штенгель – заваренная трубка, через которую в процессе производства магнетрона откачивается воздух). Антенна изолирована от корпуса 6 керамическим цилиндром 2. Внешний кожух магнетрона 3 совместно с фланцем 4 составляют магнитопровод, формирующий необходимое распределение магнитного поля, источником которого служат кольцевые магниты 5. Фланец используется также для крепления магнетрона к микроволновой печи. Радиатор 7 служит для более интенсивного охлаждения магнетрона во время работы. Коробка фильтра 8 содержит внутри себя индуктивные выводы, которые совместно с проходным конденсатором 9 образуют высокочастотный фильтр, снижающий проникновение СВЧ-излучения по выводам питания 10.

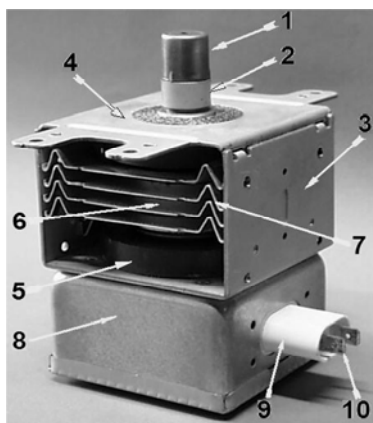


Рис. 3.2. Магнетрон

Надежность контакта между магнетроном и корпусом микроволновой печи обеспечивается кольцом из металлической сетки.

**Пульт управления.** Дверцу рабочей камеры и пульт управления размещают в соответствии с компоновкой печи и направлением открывания дверцы.

Пульт управления СВЧ-печью состоит из ручки управления реле времени (таймера) и кнопок включения и выключения печи. Реле времени имеет шкалу и поворотную ручку с меткой и стрелкой. Высокоавтоматизированные СВЧ-печи имеют сенсорное управление, микропроцессоры и микроЭВМ.

Конструктивно реле времени представляют собой механические, электромеханические и электронные устройства с контактной группой. Шкала таймера может быть размещена на передней панели или на поворотном диске. Кнопочный таймер состоит из двух рядов кнопок. Иногда на пульте управления печью устанавливают электронные часы, высвечивающие время, либо показывающие время до начала обработки. Иногда используют полуавтоматические устройства, обеспечивающие выдерживание режима тепловой обработки в зависимости от процесса.

### **Автоматические устройства**

Для облегчения определения интервала тепловой обработки разрабатываются различные устройства для СВЧ-печи, учитывающие начальную температуру продукта, его массу и наименование изделия. Эти данные вводятся в логическое устройство печи. Существует много технических решений по способу контроля режима тепловой обработки.

Устройство, в котором измерение температуры осуществляется при отключении магнетрона (рис. 3.3), состоит из толкателя и штанги, на конце которой размещен датчик температуры. В процессе движения штанги с датчиком для измерения температуры продукта автоматически отключается СВЧ-генератор через специальный микровыключатель. Данные измерения вводятся через блок управления на реле времени, которое по достижении требуемой температуры продукта отключает СВЧ-генератор. Измеренная температура продукта высвечивается на специальном табло. Периодичность измерения температуры в процессе тепловой обработки задается оператором в зависимости от предполагаемой общей продолжительности процесса.

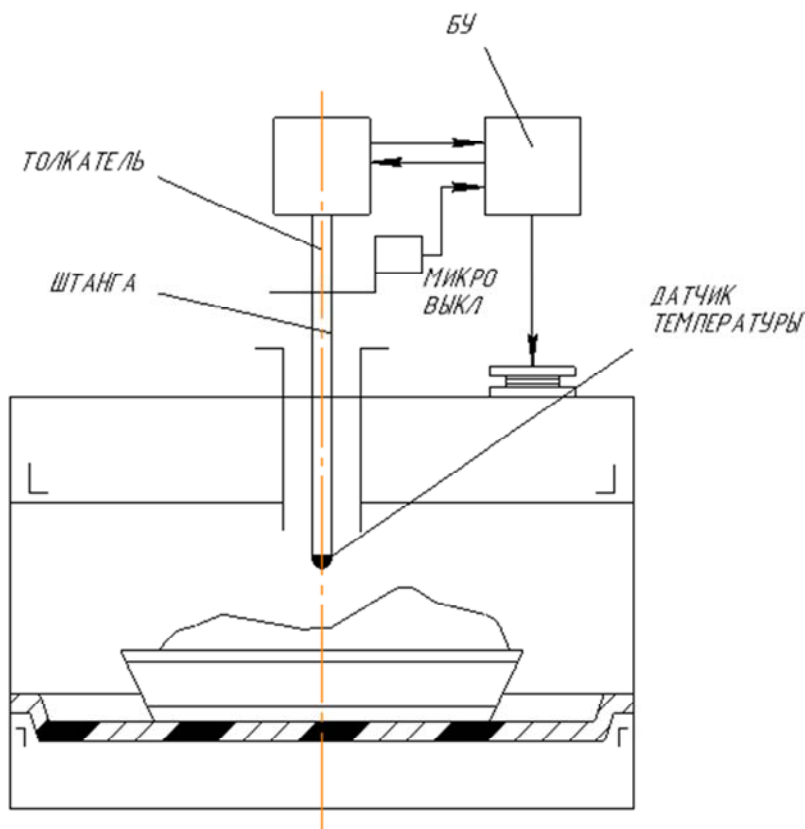


Рис. 3.3. Контроль температуры датчиком, вводимым в продукт через определенные интервалы времени

**Инфракрасный датчик температуры** (рис. 3.4) осуществляет измерение дистанционно. Перед началом тепловой обработки оператор задает конечную температуру продукта в блок управления. В процессе тепловой обработки температура продукта непрерывно измеряется инфракрасным датчиком и через усилитель выдается на блок управления, который по достижении заданной температуры отключает магнетрон. Недостатком устройства с инфракрасным датчиком температуры является его сложность и высокая стоимость, а также тот факт, что контролируется температура только поверхности продукта, а не во всем его объеме.

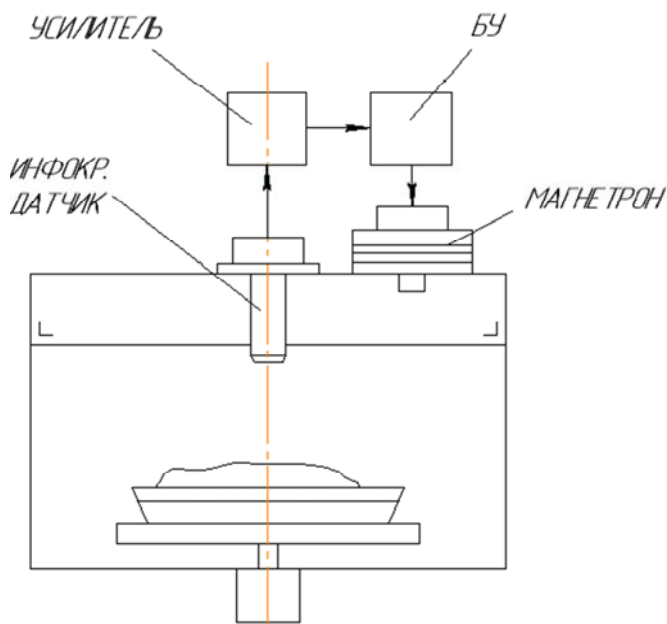


Рис. 3.4. Контроль температуры дистанционно инфракрасным датчиком

**Контроль относительной влажности воздуха**, выходящего из рабочей камеры (рис. 3.5), осуществляет датчик влажности, расположенный в выходном воздуховоде. Датчик контролирует относительную влажность, увеличивающуюся в процессе нагрева продукта вследствие выхода из него пара. При повышении относительной влажности до заданного значения сигнал от датчика через усилитель поступает на вход блока управления, который через блок коммутации отключает цепь питания магнетрона.

**Устройство, регистрирующее изменение** массы обрабатываемых продуктов в процессе тепловой обработки (рис. 3.6), состоит из регистратора массы, учитывающего ее изменение при тепловой обработке. При загрузке рабочей камеры печи регистратор массы выдает в блок сравнения начальную массу продукта. Оператор задает величину снижения массы (в %), соответствующую определенной готовности обрабатываемого продукта. По достижении заданной массы, т. е. величины потери массы от начальной, по сигналу блока сравнения происходит автоматическое отключение магнетрона через блок управления.



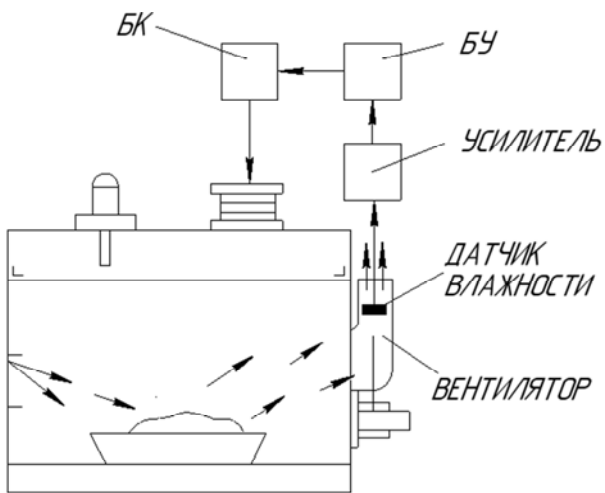


Рис. 3.5. Контроль влажности воздуха, выходящего из рабочей камеры

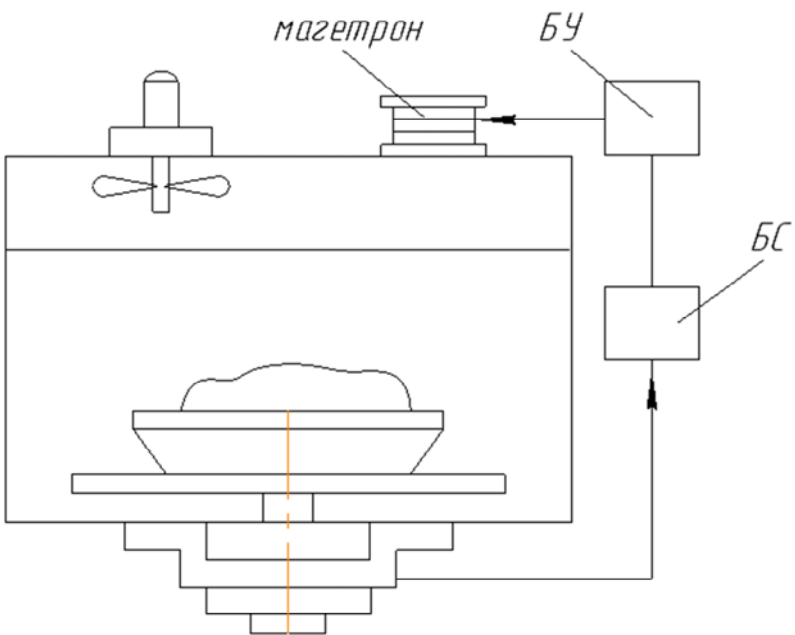


Рис. 3.6. Устройство, регистрирующее массу, которая изменяется в процессе тепловой обработки

**Принцип действия СВЧ-печи** представлен на рис. 3.7. СВЧ-печь всегда состоит из следующих основных элементов:

- рабочая камера с дверцей и электродинамической системой, обеспечивающей требуемое распределение СВЧ-энергии в объеме камеры;
- источник питания, обеспечивающий преобразование сетевого напряжения в необходимый для работы СВЧ-генератора вид;
- СВЧ-генератор-магнетрон, преобразующий энергию постоянного тока в энергию электромагнитного поля СВЧ;
- система воздушного охлаждения магнетрона и вентиляции рабочей камеры;
- устройства управления и автоматики, обеспечивающие последовательность включения печи, ее работу и защиту отдельных элементов.

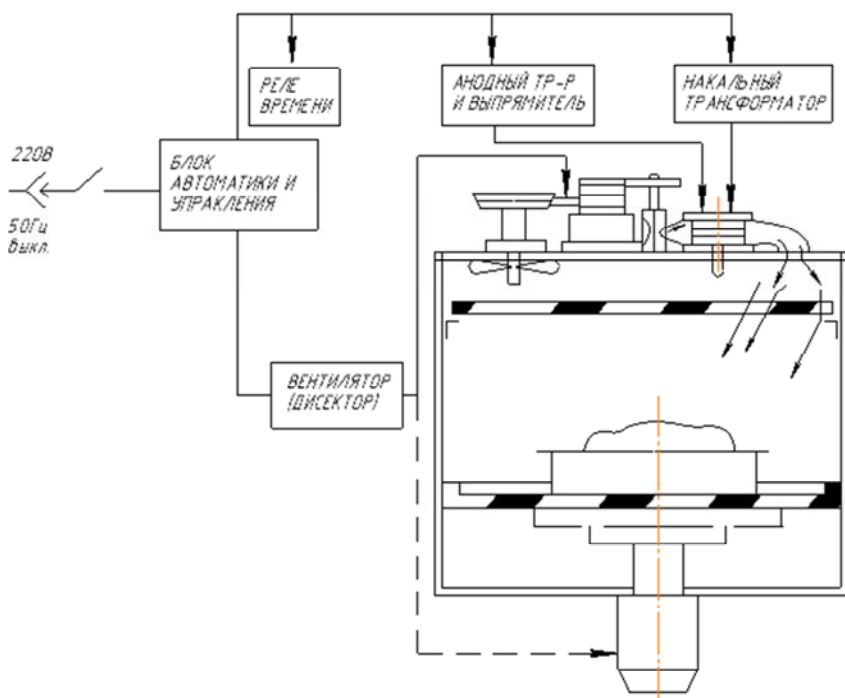


Рис. 3.7. Блок-схема СВЧ-печи, включающая основные системы и устройства, обеспечивающие ее работу

Последовательность включения СВЧ-печи и отдельных ее элементов приведена на блок-схеме (рис. 3.7). Печь подключается к сети ( $U = 220 \text{ В}$ ) через вилку каждый раз перед началом работы. В работу печь включается обычно кнопкой: через цепи управления начинают работать накальный трансформатор, обеспечивающий разогрев катода магнетрона, вентилятор охлаждения магнетрона, а также диссектор или вращающийся столик.

После загрузки рабочей камеры продуктом на реле времени задается продолжительность тепловой обработки и автоматически либо через кнопочный выключатель подается напряжение в анодный трансформатор – начинает работать СВЧ-генератор.

По истечении заданного срока тепловой обработки реле времени отключает магнетрон. Блок автоматически обеспечивает отключение магнетрона при открывании дверцы рабочей камеры и перегреве СВЧ-генератора.

**Принципиальная электрическая схема** печи с основными элементами, обеспечивающими работу магнетрона, рассмотрена на рис. 3.8. При включении печи в сеть ток подается в накальный трансформатор, через который разогревается катод магнетрона. После разогрева катода включается анодный трансформатор, подающий высокое напряжение на выпрямитель, а выпрямитель – в анодную цепь магнетрона. Магнетрон начинает генерировать СВЧ-энергию. Накальный трансформатор может иметь отпайку на обмотке для снижения напряжения в цепи накала катода после анодного трансформатора.

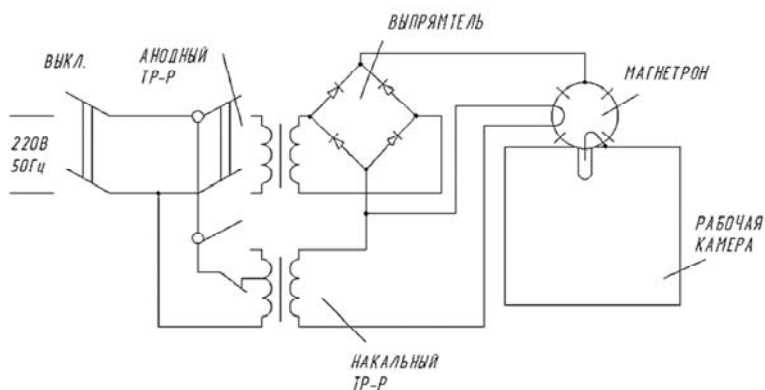


Рис. 3.8. Электрическая схема бытовой печи

## Практическая часть

*СВЧ-печь, подвергающаяся испытаниям LG-модель: МН-676ТD*

Назначение прибора: СВЧ-печь LG-модель: МН-676ТD предназначена для обработки пищевых продуктов.

Таблица 3.3

Технические данные СВЧ-печь LG-модель: МН-676 TD

Источник питания	230 вольт
Выходная мощность: печь	800 ватт
гриль	1000 ватт
Микроволновая частота	2450 МГц
Внешние габариты	470 × 240 × 330 мм
Внутренние габариты	286 × 171 × 317 мм
Потребляемая мощность	1200 ватт
Вес нетто	13,7 кг
Вес брутто	15 кг

1. Измерить СВЧ-мощность колориметрическим методом.

1.1. Подготовить печь к включению и поместить в рабочую камеру печи кастрюлю из жаропрочного стекла с питьевой водой (1 литр).

1.2. Подготовить печь к включению, предварительно замерив температуру воды, помещаемой в камеру печи.

1.3. Установить таймер на 3 минуты 10 секунд.

1.4. После окончания работы таймера одну минуту перемешивать воду в кастрюле термометром, не касаясь стенок и дна кастрюли.

1.5. Измерить температуру, выключить печь.

1.6. Подсчитать мощность в камере по формуле:

$$N = (T_2 - T_1) \cdot (g \cdot V_1 \cdot c_1 + m \cdot c_2) / t,$$

где  $T_1$  – начальная температура воды, °С;

$T_2$  – конечная температура воды, °С;

$g$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup> ( $g = 1000$  кг/м<sup>3</sup>);

$V_1$  – объем воды, м<sup>3</sup>;

$c_1$  – удельная теплоемкость воды, 4,218 Дж/кг·°С;  
 $c_2$  – удельная теплоемкость стекла кастрюли, 490 Дж./кг·°С  
 $m$  – масса кастрюли, кг;  
 $t$  – время нагрева, сек.

2. Определить равномерность нагрева.

2.1. В соответствии с НВН-100 ГОСТ 19308-80, для определения равномерности нагрева на дно камеры микроволновой печи установить 5 стаканов, содержащих по  $100 \pm 3$  мл воды. Стаканы располагаются так, как показано на рис. 3.9.

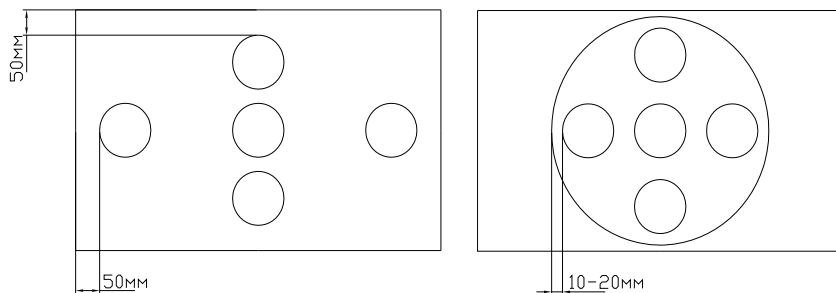


Рис. 3.9. Расположение стаканов в камере микроволновой печи при измерении равномерности нагрева

Температура воды, которая не должна превышать  $+20$  °С, измеряется ртутным термометром с ценой деления  $0,1$  °С. После этого на 2 минуты производится включение СВЧ-нагрева. Затем в течение не более 15 секунд вода в стаканах перемешивается и измеряется ее конечная температура.

Коэффициент равномерности определяется по формулам:

$$k = 1 - \frac{\sum_{i=1}^5 |\Delta t_c - \Delta t_i|}{\sum_{i=1}^5 \Delta t_i};$$

$$\Delta t_c = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta t_i}{5};$$

$$\Delta t_i = \Delta t_{in} - \Delta t_{ik},$$

где  $t_{ik}$  и  $t_{in}$  – температура воды в  $i$ -м стакане после нагрева и до него.

Отраслевой стандарт ОСТ 11 0367-83 утверждает, что коэффициент равномерности должен быть не менее 0,7. Хорошо спроектированные и изготовленные печи имеют коэффициент равномерности более 0,9.

### **Содержание отчета**

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Теоретическая часть.
4. Основные термины и определения.
5. Техническая характеристика СВЧ-печи.
6. Методика проведения испытаний.
7. Результаты измерения мощности в камере СВЧ-печи.
8. Результаты определения равномерности нагрева.
9. Вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Особенности сверхвысокочастотной энергии.
2. Устройство и принцип работы СВЧ-печи.
3. Автоматические устройства СВЧ-печи.
4. Принципиальная электрическая схема СВЧ-печи.
5. Методика измерения СВЧ-мощности.
6. Методика измерения равномерности нагрева в камере микроволновой печи.

## Лабораторная работа № 4

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ИСПЫТАНИЕ СВЧ-ПЕЧИ НА УТЕЧКУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ

#### Цель работы

1. Изучить устройство СВЧ-печи по описанию, и определить источники опасности при работе.
2. Изучить конструкцию дверцы микроволновой цепи и принцип работы дроссельного устройства.
3. Изучить системы управления микроволновыми печами.
4. Изучить СТБ ИЕС 60335-225-2012 «Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. Дополнительные требования к микроволновым печам, включая комбинированные микроволновые печи».

#### Задачи работы

1. Изучить методику проведения испытаний.
2. Измерить плотность потока утечки электромагнитной энергии.
3. Сделать вывод о годности микроволновой печи и возможности дальнейшей эксплуатации.

#### Инструменты и принадлежности

1. СВЧ-печь LG-модель: МН-676 TD.
2. Комплект инструментов.
3. Измеритель плотности электромагнитного излучения модель DT-2G.

**Характеристики:** диапазон измерения –  $0-9,99 \text{ мВт/см}^2$ .

Предупреждающий показатель –  $5,0 \text{ мВт/см}^2$ . В опасной зоне слышен звуковой сигнал и мигание красной лампочки на приборе.

#### Теоретическая часть

Несмотря на кажущееся многообразие микроволновых печей, их внутреннее строение практически одинаково. В некоторые печи введены дополнительные элементы (гриль, конвектор и т. д.), одна-

ко это никак не отражается на тех элементах, которые обеспечивают микроволновый нагрев.

Внешний вид микроволновой печи со снятым кожухом представлен на рис. 4.1. Принцип работы подробно изложен в предыдущей работе. Основную опасность представляет не утечка микроволнового излучения (СВЧ), которая случается весьма редко, а очень высокое напряжение, генерируемое в приборе. Поэтому все внутренние сервисные и ремонтные работы должны проводить специалисты. Трансформатор повышает стандартное напряжение 220–230 вольт в десять раз, и при этом напряжении ток подается на высоковольтный конденсатор, который сохраняет свой заряд, даже когда прибор выключен и его вилка вынута из розетки. Трансформатор и конденсатор запитывают магнетрон, преобразующий электроэнергию в электромагнитное излучение большой мощности.

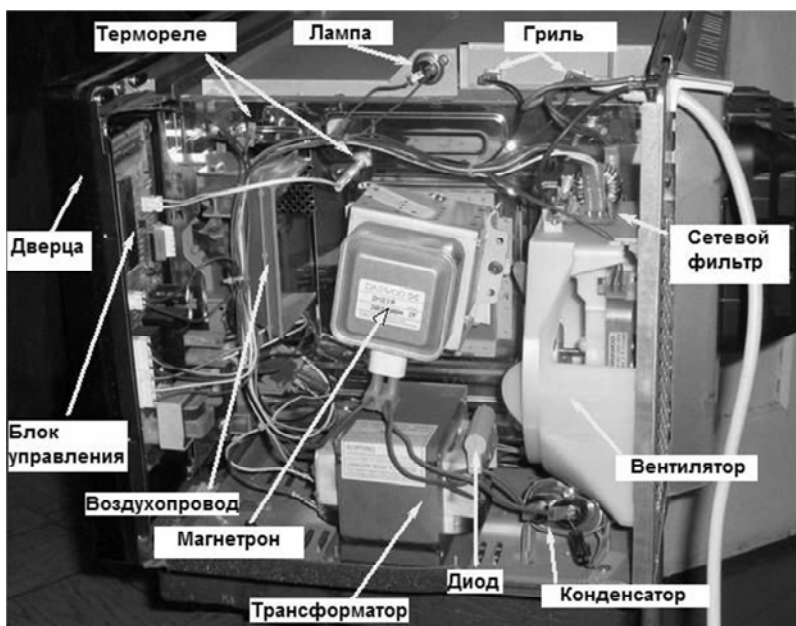


Рис. 4.1. Внешний вид микроволновой печи со снятым кожухом

Хотя непосредственное воздействие микроволн может вызвать тепловое поражение тканей, риск при пользовании исправной мик-



роволновой печью полностью отсутствует. Конструкцией печи предусмотрены жесткие меры для предотвращения выхода излучения наружу: имеются продублированные устройства блокировки источника микроволн при открывании дверцы печи, а сама дверца исключает выход микроволн за пределы полости. Как только печь выключается, излучение микроволн прекращается.

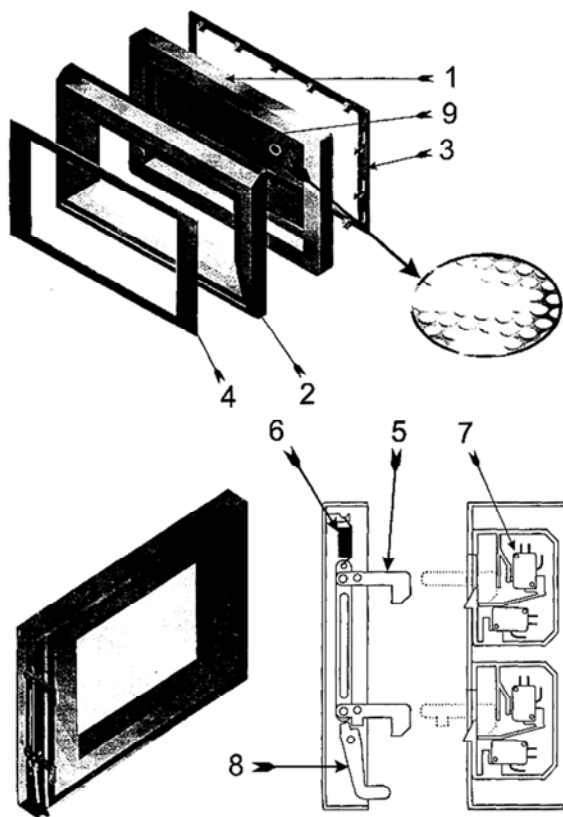


Рис. 4.2. Дверца микроволновой печи

Основная ее деталь – это металлический каркас 1, имеющий специально рассчитанный профиль. Для улучшения дизайна каркас помещен в декоративную пластиковую оболочку 2. С той же целью имеющиеся с внутренней стороны пазы прикрыты пластиковым

вкладышем 3. Плексигласовое окно 4 предназначено для наблюдения за процессом приготовления.

Для фиксации дверцы в закрытом состоянии служат запоры 5 и пружина 6. При закрытии дверцы запоры нажимают кнопки блокировочных микропереключателей 7, разрешающих работу электрической схемы. При открытой или неплотно закрытой дверце, если кнопка хотя бы одного из микропереключателей оказывается не нажатой, электрическая цепь будет разомкнутой и микроволновая печь не включится. Рычаг 8 позволяет отжать запоры и открыть дверцу (механизм, соединяющий рычаг с кнопкой «ОТКРЫТЬ», на рисунке не показан).

Для обеспечения визуального наблюдения за процессом приготовления пищи в дверце микроволновой печи имеется окно 9, выполненное из тонкого, плотно перфорированного металлического листа, который, как правило, приваривается к каркасу дверцы. Размеры отверстий в окне не превышают 3 мм, что практически полностью исключает проникновение сквозь них микроволновой энергии.

Между корпусом и дверцей микроволновой печи почти всегда имеются щели. Очень сложно обеспечить плотный контакт этих деталей по всему периметру в течение всего срока эксплуатации. Если не принять соответствующих мер, микроволновое излучение будет проникать сквозь эти щели наружу, даже если их размер относительно невелик. Чтобы это исключить, в дверце имеется специальное устройство, именуемое СВЧ-дросселем. Конструктивно он выполнен в виде паза, проходящего по всему периметру контакта дверцы с корпусом (рис. 4.3). В разных микроволновых печах форма его профиля может несколько отличаться, но принцип действия всех дросселей одинаков. Излучение сквозь щель возникает в том случае, когда она обрывает линии СВЧ-тока. Если в месте ее расположения СВЧ-токи отсутствуют или ориентированы вдоль щели, излучения наблюдаться не будет.

Таким образом, задача подавления СВЧ-излучения сводится к тому, чтобы в месте контакта дверцы с камерой устранить поперечные СВЧ-токи. Паз в СВЧ-дросселе располагается на расстоянии в четверть длины волны от отверстия камеры. Его глубина также равна  $\lambda/4$ . Два четвертьволновых отрезка образуют полуволновую линию с коротким замыканием на ее конце и разрывом в точке А, находящейся в середине линии.

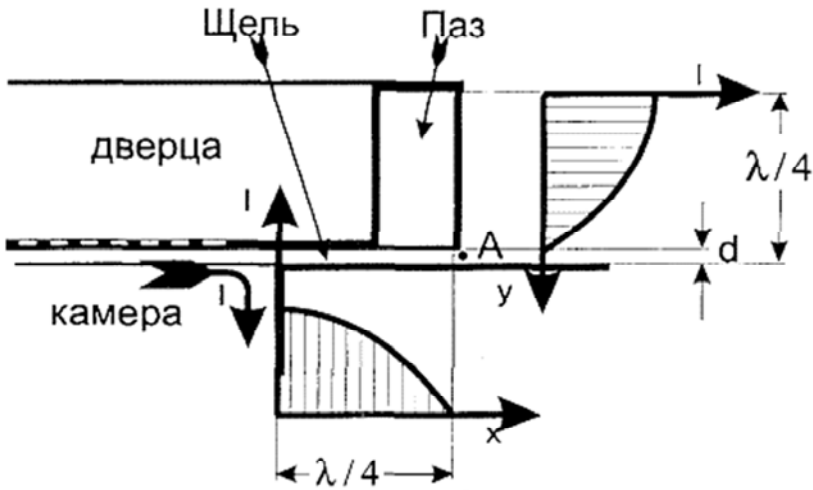


Рис. 4.3. Принцип действия дроссельного уплотнения (показано поперечное сечение дросселя)

В короткозамкнутой полуволновой линии электромагнитное поле существует в виде стоячей волны. Это означает, что пространственное распределение электрического и магнитного поля, а, следовательно, и токов не меняется. При выбранных размерах паза и расстоянии от него до камеры распределение токов вдоль зазора и паза будет таким, что в месте разрыва ток практически равен нулю. Поэтому просачивание электромагнитной энергии во внешнее пространство будет очень незначительным. Его величина напрямую зависит от амплитуды тока в месте разрыва, которая, в свою очередь, зависит от местоположения и размеров зазора. Таким образом, преобразовав щель в полуволновую линию, мы избавились от необходимости в хорошем электрическом контакте между дверцей и стенками камеры. Более того, непосредственный электрический контакт, из-за непредсказуемости его возникновения и влияния на параметры дросселя, в микроволновых печах искусственно устраняется. Для этого внутреннюю сторону дверцы, а иногда и камеры, покрывают эмалью. Такое покрытие устраняет возможное искрение между дверцей и стенками камеры.

Однако в процессе эксплуатации с течением времени в микроволновых печах возникает повышенное фоновое излучение. В боль-

шинстве случаев это вызвано увеличением зазора  $d$  между дверцей и лицевой плоскостью камеры. Регулировку дверцы можно проводить только при наличии приборов, позволяющих измерить величину фонового излучения, специалистами в сервисных центрах.

Наибольшая часть неисправностей дверцы связана с работой запоров, механизма фиксации и механизма открывания дверцы. Как правило, это чисто механические поломки и ремонт сводится к изготовлению и замене сломанной детали.

### **Безопасная работа микроволновых печей**

За безопасную работу микроволновых печей отвечает система управления, представленная в виде электрической схемы.

**Системы управления микроволновыми печами.** Микроволновые печи с электромеханическим управлением обычно имеют стандартную электрическую схему. Отличия между различными моделями незначительны и не носят принципиального характера.

Силовая часть печей с электронными блоками управления практически не отличается от печей с электромеханическим управлением. На принципиальной схеме эти отличия проявляются лишь в том, что вместо контактов таймера присутствуют контакты реле. Иногда вместо реле ставится симистор, однако режим его работы фактически тот же, что и у таймера.

В качестве примера рассмотрим схему микроволновой печи «LG-модель: МН-676 TD» (рис. 4.4). Чтобы включить СВЧ-нагрев, требуется подать напряжение 220 В на первичную обмотку высоковольтного трансформатора. Это будет происходить, если контакты микропереключателя «Monitor switch» (MS) разомкнуты, а контакты всех остальных элементов цепи замкнуты. Рассмотрим условия, при которых устанавливается требуемое состояние контактов.

Термореле «cavity TCO» и «magnetron TCO» замкнуты, если температура камеры и магнетрона не превышает допустимой температуры.

Микропереключатели «primary switch» (PS) и «secondary switch» (SS) осуществляют блокировку включения магнетрона при открытой дверце и замыкаются при ее закрытии. На рисунке состояние микропереключателей соответствует открытой дверце.

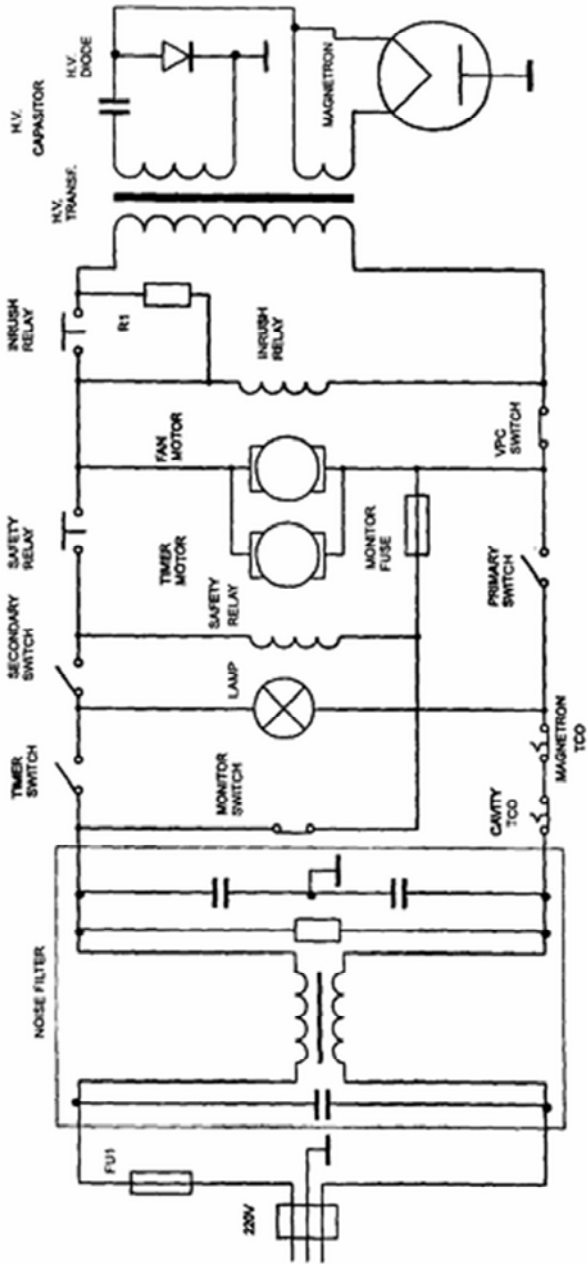


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема микроволновой печи СВЧ-печи «LG-модель: MH-676 TD»»

Включение микроволновой печи происходит при установке ручки таймера на заданное время. При этом замыкаются контакты «timer switch» (TS), находящиеся внутри таймера. На обмотку страхующего реле «safety relay» начинает поступать напряжение, и его контакты замыкаются. В результате включаются электродвигатели таймера и вентилятора, а на трансформатор через сопротивление «resistor» подается напряжение.

Микропереключатель «monitor switch» контролирует исправную работу элементов блокировки дверцы. Если по какой-либо причине микропереключатели PS и SS перестанут размыкаться, то попытка включить печь с открытой дверцей приведет к перегоранию предохранителя «monitorfuse».

Вследствие этого включение реле SR станет невозможным и генерации СВЧ-мощности не произойдет. Следует обратить внимание, что для согласованной работы микропереключатель PS должен замыкаться позже, а размыкаться раньше, чем, соответственно, разомкнутся и замкнутся контакты MS. Нарушение этого синхронизма приведет к тому, что контакты PS замкнутся до того, как разомкнется MS, или наоборот, контакты MS замкнутся раньше, чем разомкнется PS. В обоих случаях это приведет к кратковременному короткому замыканию по входу с последующим перегоранием предохранителя. К сожалению, подобный асинхронизм в работе микропереключателей явление нередкое, поэтому, если в микроволновой печи без всяких видимых причин при закрытии или открывании дверцы горят предохранители, проблема, скорее всего, именно в несогласованной работе микропереключателей.

Резистор R1 служит для снижения пускового тока и работает лишь несколько миллисекунд в процессе каждого включения до тех пор, пока не сработает реле «inrush relay», напряжение на которое подается одновременно с началом прохождения тока через резистор.

Микропереключатель «VPS switch», установленный на таймере, служит для регулировки мощности. При задании уровня мощности меньше максимального он осуществляет периодическое отключение печи.

Фильтр «noise filter» служит для снижения радиопомех, проникающих по цепям питания во внешнюю сеть. Схема содержит также лампу накаливания «lamp» и двигатели таймера «timer motor» и вентилятора «fanmotor», назначение которых не требует комментариев.

В зависимости от модели микроволновой печи, она может не иметь каких-либо рассмотренных компонентов или, наоборот, иметь дополнительные (например, при использовании комбинированных способов нагрева), однако это не вносит существенных изменений в работу электрической схемы.

В отличие от силовой части микроволновых печей, схемы электронных блоков управления имеют гораздо большее разнообразие.

## Практическая часть

**Проверка плотности потока утечки электромагнитной энергии.** Проверку производят измерителем плотности потока мощности типа DT-2G на расстоянии 0,5 м от поверхности печи. Для этого необходимо сделать следующее:

1. Подготовить измеритель плотности к включению и выключить согласно инструкции по эксплуатации.

2. Подготовить печь к включению; при проведении испытаний по данной методике в печь поместить кастрюлю из жаропрочного стекла с  $0,0002 \text{ м}^3$  (0,2 л) воды.

3. Нажать кнопку «Вкл.» на передней панели печи.

4. Набрать на световом табло 2 мин 30 с, нажав сначала кнопку «быстро», а потом «замедлен».

5. Нажать кнопку «жарить»; через 1 мин начать измерение утечки плотности потока электромагнитной энергии; каждые 2–3 мин необходимо менять воду; при замене воды печь должна быть выключена.

6. В процессе измерения в каждой точке антенна должна поворачиваться вокруг своей оси на угол не менее  $90^\circ$ ; за отсчет принимают максимальное показание прибора (измерителя); при измерении пространство вокруг печи на расстоянии не менее 2 м должно быть свободно от металлических конструкций;

Измерение производится в четырех плоскостях (рис. 4.5): первая плоскость – на уровне верхней плоскости печи; вторая – на уровне полувысоты корпуса печи; третья – на уровне нижней плоскости корпуса печи; четвертая – плоскость сопряжения дверцы с камерой, а также в центральной точке смотрового окна дверцы.

Европейский стандарт предполагает, что уровень плотности излучения от микроволновой печи не должен превышать  $0,01 \text{ мВт/см}^2$  на расстоянии 50 см.

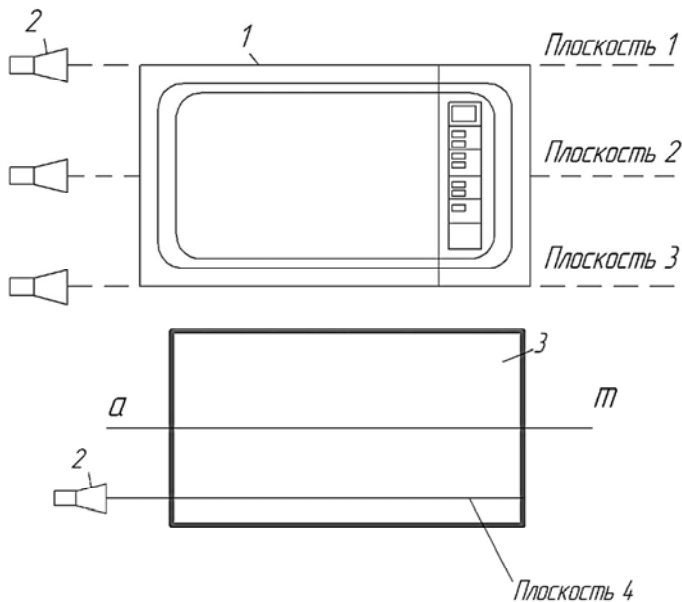


Рис. 4.5. Измерение в плоскостях 1, 2, 3, 4 ( $a$ – $m$  – точки измерения):  
 1 – СВЧ-печь (вид спереди); 2 – антенна измерительного прибора;  
 3 – СВЧ-печь (вид сбоку)

Таблица 4.1

Результаты измерения плотности потока мощности  
 электромагнитного излучения

Сечение	1	2	3	4
Мощность излучения мВт/см <sup>2</sup>				

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Техническая характеристика СВЧ-печи.
4. Методики проведения испытаний.
5. Результаты измерения плотности потока мощности электромагнитного излучения.
6. Вывод.



## Лабораторная работа № 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕСОСОВ

#### Цель работы

1. Изучить принцип действия пылесосов; их устройство, классификацию и особенности конструктивного исполнения.
2. Определить основные функциональные параметры воздуховсасывающего агрегата пылесоса.

#### Инструменты и принадлежности

1. Пылесос LG STORM.
2. Пылесос BOSCH.
3. Комплект инструментов.

#### Теоретическая часть

Все пылесосы, включая самые современные, работают в целом на одном и том же принципе. Мощный электродвигатель вращает один или больше вентиляторов, создающих быстрый воздушный поток, который увлекает вместе с собой пыль и другие твердые частицы. В определенном месте пыль отфильтровывается и собирается в пылесборнике, а воздух возвращается обратно в помещение.

Однако между разными моделями есть важные различия – они могут серьезно влиять на подход к уходу и техобслуживанию пылесосов.

Существуют ручные пылесосы, пылесосы-роботы, пылесосы-щетки и напольные пылесосы, которые распространены больше всех остальных.

Напольные пылесосы могут быть как прямоочными, так и вихревыми.

Разница в их конструкциях не столь существенна, и принципиально она указывает только на путь, который проходит воздух внутри корпуса пылесоса после всасывания. В прямоочных пылесосах воздух, несущий пыль и мелкий мусор, проходит через щет-

ку-насадку и поступает на матерчатый фильтр, на котором остается весь мусор как крупных, так и мелких фракций.

После очищения через фильтр воздух поступает на электродвигатель, что сделано для охлаждения, поскольку двигатель пылесоса чувствительно разогревается даже за небольшое время работы.

Затем воздух через вентилятор и выходное отверстие поступает наружу. Направление его движения при этом не изменяется. Поэтому, собственно, такие пылесосы и называются прямоточными.

Путь воздушного потока в вихревых пылесосах такой же, за исключением того, что он обтекает нижнюю часть электродвигателя, под воздействием центробежной силы освобождается от более крупных частиц мусора, от тяжелых частиц пыли и уже затем поступает на фильтр, где окончательно очищается. Затем так же, как и в прямоточном пылесосе, оказывается снаружи.

Кроме того, помимо традиционных разновидностей для сухой чистки появились и пылесосы так называемого циклонного типа (без сменного мешка для пыли), моющие пылесосы, универсальные модели с режимами как сухой, так и мокрой чистки, автомобильные пылесосы, пылесосы-роботы и т. д.

## **Вертикальные пылесосы**

Единственный вентилятор, закрепленный на валу электродвигателя, создает воздушный поток, который втягивает пыль внутрь прибора. Второй конец вала двигателя используется для привода ремня, который вращает валик-щетку чуть выше пола. Щетина на валике поднимает пыль, волосы и другие загрязняющие частицы с пола и направляет их в воздушный поток. Полоски щетины обычно чередуются на валике с выступающими жесткими трепальными ребрами, которые ударяют по поверхности ковра, выбивая из него глубоко засевшую в ворсе пыль. Такое «трепание» не повреждает ковер, но удаляет из него песчинки и другие твердые частицы, которые в противном случае изнашивали бы и ворс, и тканую основу ковра.

Перемещение вращающейся ручки или движка, расположенного на корпусе прибора, регулирует расстояние между щеточным валиком и полом. Обычно есть 4–6 разных положений, которые позволят чистить разные поверхности – от гладкого пола до длинноворсового ковра.

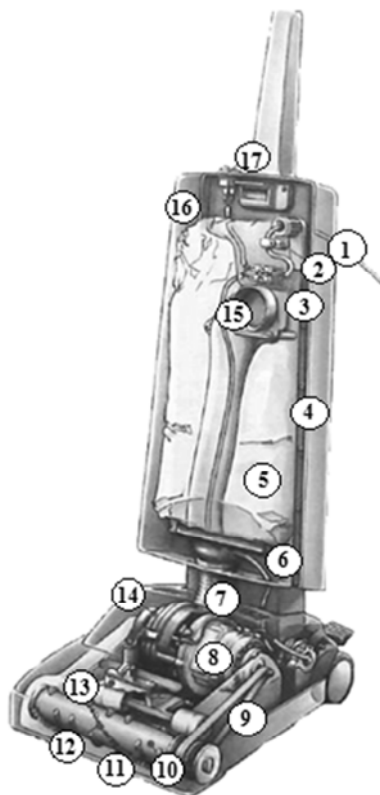


Рис. 5.1. Вертикальный пылесос:

- 1 – шнур; 2 – прижимная планка шнура; 3 – клеммная колодка;  
 4 – выпускная решетка; 5 – пылесборный мешок; 6 – жесткий воздуховод  
 к пылесборному мешку; 7 – гибкий воздуховод; 8 – корпус двигателя;  
 9 – ремень; 10 – щеточный валик; 11 – трепальные планки; 12 – щетина;  
 13 – регулятор высоты валика; 14 – камера вентилятора;  
 15 – мешкодержатель; 16 – съемная панель; 17 – выключатель

Воздух и пыль, затянутые внутрь, проходят через камеру вентилятора и дальше по гибкому или жесткому воздуховоду в пылесборный мешок. Он сделан из воздухопроницаемой пористой бумаги и задерживает частицы пыли и загрязнения, но пропускает воздух, который затем выходит сквозь прорези решетки, сделанной в пластике корпуса вокруг мешка. В самых первых моделях применялись мешки из ткани, закрепленные на рукоятке.

При своей высокой эффективности эта система имеет один серьезный недостаток. Все собранные загрязняющие частицы контактируют с вентилятором, и камешки и металлические предметы, затянутые пылесосом, могут повредить лопасти вентилятора

### Баллонные прямооточные пылесосы

Баллонные (на Западе они называются цилиндрическими) пылесосы устроены по-другому. Пылесборный мешок расположен в частично герметизированной камере, сзади которой установлен центробежный вентилятор, работающий непосредственно от электродвигателя. Всасываемый в камеру воздух попадает прямо в мешок, который задерживает пыль до того, как она может попасть на вентилятор. При этом на случай повреждения пылесборного мешка в большинстве моделей имеется фильтр, не позволяющий пыли и другим загрязняющим частицам попадать в вентиляторную камеру. После него относительно чистый воздух проходит через вентилятор и выходит через выпускные отверстия прибора. К воздухозаборному отверстию крепится гибкий шланг, к которому прилагаются разнообразные насадки для чистки ковров, мебели, занавесок и т. п.

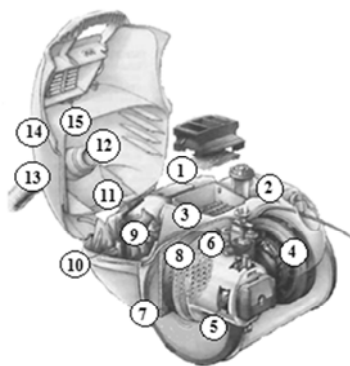


Рис. 5.2. Баллонный прямооточный пылесос:

- 1 – выпускной фильтр; 2 – выключатель/переключатель мощности;
- 3 – выпускная решетка; 4 – механизм автоматического сматывания;
- 5 – электродвигатель; 6 – выключатель; 7 – фильтр пылезащиты электродвигателя;
- 8 – корпус вентилятора; 9 – пылесборный мешок; 10 – уплотнитель крышки;
- 11 – мешкодержатель; 12 – горловина шланга; 13 – гибкий шланг;
- 14 – крышка; 15 – индикатор заполнения мешка

## Комбинированные пылесосы

Для того чтобы избежать недостатков двух типов пылесосов, конструкторы постепенно объединяли лучшие качества каждого типа и создали комбинированные модели (рис. 5.3).

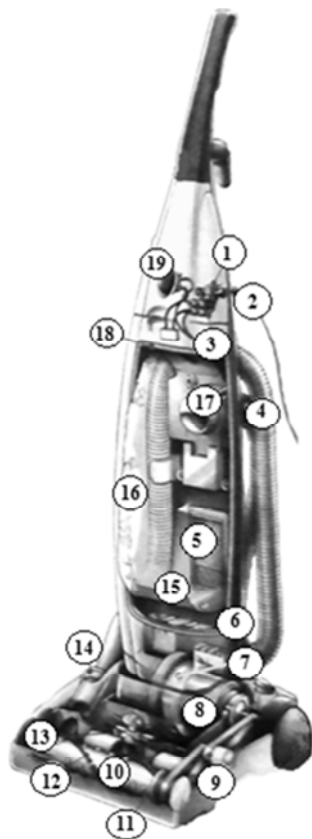


Рис. 5.3. Комбинированный пылесос:

- 1 – прижимная планка шнура; 2 – шнур; 3 – клеммная колодка; 4 – гибкий шланг;
- 5 – выпускной фильтр; 6 – вентиляционное отверстие; 7 – камера вентилятора;
- 8 – корпус электродвигателя; 9 – приводные ремни; 10 – щеточный валик;
- 11 – трепальный ребра; 12 – щетина; 13 – регулятор высоты валика;
- 14 – гнездо шланга; 15 – фильтр пылезащиты электродвигателя;
- 16 – пылесборный мешок; 17 – горловина мешкодержателя;
- 18 – уплотнитель съемной панели; 19 – выключатель

Например, есть немало вертикальных пылесосов, включающих в себя прямооточную систему баллонных моделей. Воздух и пыль втягиваются в отделение щеточного валика и проходят прямо в пылесборный мешок, находящийся в полугерметичной пластиковой камере. Электродвигатель и вентиляторный узел, расположенные на дне этой камеры, защищены сменным фильтром.

Один конец гибкого шланга обычно может отсоединяться от пылесоса, и на него надеваются насадки, для того чтобы вертикальным пылесосом можно было чистить мягкую мебель, лестницы и занавеси.

Прямоточная система обеспечивает лучшую защиту вентилятора и электродвигателя, но средний баллонный пылесос чистит ковры хуже, чем вертикальный пылесос со щеточным валиком. Для устранения этого недостатка некоторые изготовители предлагают насадку с вращающимся щеточным валиком.

## **Ручные пылесосы**

Небольшие портативные пылесосы отлично подходят для чистки различных рабочих столов или верстаков, а также салона автомашины. У некоторых моделей есть вращающиеся щеточные валики, и многие портативные пылесосы работают от аккумуляторов.



Рис. 5.4. Ручной портативный пылесос

### ***Пылесосы без пылесборных мешков («циклон»)***

Вместо пылесборных мешков в пылесосах системы «циклон» применяется технология высокоскоростного вращения воздуха, при

которой центробежная сила отделяет пылевые и грязевые частицы. Пыль собирается в жестком контейнере-пылесборнике, и его опорожняют по мере заполнения. Пылесосы с технологией «циклон» оснащаются весьма высокоэффективной системой фильтрации.



Рис. 5.5. Пылесос системы циклон

### Дополнительные функции

Как и все остальные бытовые электроприборы, пылесосы становятся все более сложными, с набором различных функций для улучшения работы.

**Регулировка мощности**, которая позволяет увеличивать или уменьшать всасывающую способность, некоторые пылесосы контролируют уровень загрязненности воздушного потока в шланге и в соответствии с этим автоматически меняют мощность всасывания, устанавливая оптимальный режим работы.

**Автоматическое сматывание шнура**. Поскольку шнур питания пылесоса должен быть довольно длинным, многие модели оборудованы пружинным барабаном, который автоматически сматывает шнур в корпус прибора.

Перед включением вилки в розетку надо отмотать нужное количество шнура, а при его сматывании следить, чтобы вилка не ударила по корпусу пылесоса.

**Бесшнуровые модели**, которые имеют аккумулятор, благодаря которому пылесосы могут чистить примерно по 140 м<sup>2</sup> между зарядом батарей.

**Система фильтрации** призвана свести до минимума количество выдуваемых из пылесоса частиц. Она у всех пылесосов трехступенчатая: пылесборник, моторный фильтр, выходной фильтр тонкой очистки. Пылесос с определенной мощностью засасывает пыль, грязь, мелкие частицы:

I ступень. Мусор вместе с воздухом проходит мешок-пылесборник, резервуар или аква-фильтр, где задерживается основное количество грязи: крупные частицы, песок;

II ступень. Затем воздух проходит через фильтр перед мотором; этот фильтр защищает мотор от содержимого предыдущего этапа в случае неожиданной разгерметизации системы сбора основного мусора; этот фильтр тоже не влияет на систему очистки воздуха;

III ступень. После проходит через фильтр на выходе из пылесоса, который еще называют фильтром тонкой очистки; именно он отвечает за очистку воздуха. Это могут быть микрофильтры, фильтры S-класса, HEPA-фильтры. Эти типы фильтров отличаются друг от друга эффективностью задержания мельчайших частиц, микроорганизмов более 0,3 микрона и сроком службы. Рассмотрим каждый из вышеназванных типов фильтров.

**Электростатические микрофильтры** задерживают микрочастицы более 0,3 микрона. Они очищают воздух на выходе на 80–99,9 %.

**Фильтры S-класса** поглощают не менее 99,97 % мельчайших частиц. По норме PIN24184: задержка частиц более 0,3 микрона (0,03 мм). Такие фильтры используют от года до нескольких лет.

**Фильтры HEPA-класса** (High Efficiency Particulate Air), т. е. «высокоэффективная очистка воздуха», обеспечивают четырехклассовую защиту с разной степенью эффективности. Служат они, как и фильтры S-класса, несколько лет. Могут быть сменными или многоразовыми, которые промывают водой. И тогда они служат до конца срока эксплуатации пылесоса. Фильтры HEPA по норме EN1822 задерживают частицы более 0,06 микрон (0,0006 мм). Есть несколько видов HEPA-фильтров, эффективность которых по норме EN 1822 следующая:

- HEPA H 10 – не менее 85 %;
- HEPA H 11 – не менее 95 %;



- НЕРА Н 12 – не менее 99,5 %;
- НЕРА Н 13 – не менее 99,95 %.

Данные фильтры изготавливают из специального пористого материала на основе стекловолокна, которое обеспечивает разветвленные сети мельчайших пор.

*Степень фильтрации* воздуха может измеряться в мг/м<sup>3</sup> (миллиграмм в кубическом метре). Она показывает, сколько миллиграмм пыли содержится в одном метре кубическом воздуха, выпущенного из пылесоса. Максимально допустимая концентрация – 10 мг/м<sup>3</sup>.

### Практическая часть

1. Разобрать пылесос.
2. Изучить конструкцию и составить структурную схему пылесоса.
3. Измерить геометрические размеры шланга пылесоса (диаметр рукава шланга, длину рукава шланга).
4. Определить основные функциональные параметры воздуховсасывающего агрегата пылесоса.

Для создания потока воздуха в насадке пылесоса воздуховсасывающий агрегат должен преодолеть сопротивление шланга, тракта и фильтра.

Находим расход воздуха пылесоса в начале и конце уборки  $Q_1$  и  $Q_2$  соответственно. Потерями давления в пылесосном тракте при начальном воздушном потоке и мощностью пылесоса задаемся из ГОСТ ИТС 60312-1-2016.

$Q_1$  находим из  $P_{\text{доп}}$ :

$$P_{\text{доп}} = \frac{k \cdot P_{\text{рук}}}{n}, \quad (5.1)$$

где  $k = 1,1-1,4$ ;  $n = 0,46-0,54$ .

$$P_{\text{шл}} = P_{\text{нак}} + P_{\text{рук}}, \quad (5.2)$$

где  $P_{\text{шл}}$  – потери давления в шланге;

$P_{\text{нак}}$  – потери давления в наконечнике;

$P_{\text{рук}}$  – потери давления в гладких трубах.

Потерями давлением в наконечнике можно пренебречь из-за его незначительного влияния на его общие потери.

$$P_{\text{рук}} = m \cdot P_{\text{шл}}, \quad (5.3)$$

где  $m = 0,7-0,8$ .

$$P_{\text{доп}} = \frac{k \cdot P_{\text{рук}}}{n \cdot m}, \quad (5.4)$$

$$P_{\text{рук}} = \frac{\lambda \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho}{d \cdot 2}, \quad (5.5)$$

где  $\lambda$  – коэффициент линейного сопротивления;

$l$  – длина рукава шланга;

$d$  – диаметр рукава шланга;

$v$  – скорость воздушного потока в шланге;

$\rho$  – плотность воздуха;

$$P_{\text{доп}} = \frac{k \cdot \lambda \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho}{2 \cdot n \cdot m \cdot d}. \quad (5.6)$$

Из формулы (5.6) получаем начальную скорость воздушного потока в шланге:

$$v_{\text{н}} = \frac{2 \cdot n \cdot m \cdot d \cdot P_{\text{доп}}}{k \cdot \lambda \cdot l \cdot \rho}. \quad (5.7)$$

Задаваясь диаметром рукава, определяем  $Q_1$ :

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v_{\text{н}}^2}{4}. \quad (5.8)$$

Под  $Q_2$  понимается такой расход, при котором обеспечивается минимальная уборка пылесосом очищаемой поверхности и транс-

портирование пылевоздушной смеси по тракту. Для транспортирования смеси по гибкому гофрированному трубопроводу должна быть обеспечена скорость движения потока 11 м/с, а для качественной уборки  $v_{отсоса} = 8-11$  м/с. Задаемся  $v_{кон. шл} = 11$  м/с и ранее установленным диаметром шланга.

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v_k^2}{4}. \quad (5.9)$$

### **Содержание отчета**

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Структурная схема пылесоса.
4. Расчет основных функциональных параметров воздухоподсасывающего агрегата пылесоса.
5. Выводы о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Классификация пылесосов.
2. Особенности баллонных и вертикальных пылесосов.
3. Дополнительные функции пылесосов.
4. Какие фильтры тонкой очистки существуют.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каляда, Д. П. Современные стиральные машины, Серия «Ремонт», выпуск 53. Книга 1. – 2001. – 193 с.
2. Лебедев, А. И. «Анатомия» стиральных машин, Серия «Ремонт», выпуск 104. Солон-Пресс Мо. 2008. – 120 с.
3. Сапунов, Г. С. Ремонт микроволновых печей, Серия «Ремонт») М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с: ил.
4. Ремонт и обслуживание всех основных бытовых приборов / Альберт Джексон ; пер. с англ. Ю. Сулова. – М. : АСТ: Астрель, 2007. – 304 с.
5. Машины электрические стиральные автоматические бытового назначения. Общие технические условия: СТБ 1585-2005. – Введ. 01.06.2006. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2008. – 22 с.
6. Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. Дополнительные требования к микроволновым печам, включая комбинированные микроволновые печи: СТБ ИЕС 60335-225-2012. – Введ. 01.01.2013. – Минск: БелГИСС, 2013. – 22 с.
7. Пылесосы бытового назначения. Пылесосы сухой чистки. Методы испытания рабочих характеристик: ГОСТ ИТС60312-1-2016. – Введ. 01.09.2017. – М.: Стандартиформ, 2017. – 57 с.

Учебное издание

**ЕСЬМАН** Геннадий Аркадьевич  
**САМОЙЛОВА** Марина Сергеевна  
**СУРОВОЙ** Сергей Николаевич

## **ЭЛЕКТРОБЫТОВЫЕ ПРИБОРЫ, МАШИНЫ И АППАРАТЫ**

Практикум  
для обучающихся по специальности  
1-38 01 01 «Механические и электромеханические  
приборы и аппараты»

Редактор *А. Д. Сичёнок*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 11.04.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 4,94. Уч.-изд. л. 3,86. Тираж 100. Заказ 206.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.