

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 20.09.2024 13:45:36  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2022 г.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ И РОБОТОВ

Методические рекомендации

по выполнению лабораторных занятий студентов направления  
подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Курск 2022

УДК 621.(076.1)

Составители: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Е.Н. Политов*

**Эксплуатация и применение мехатронных систем и роботов:**  
Методические рекомендации по выполнению лабораторных занятий студентов / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын – Курск, 2022. – с. 106.

Содержат сведения по вопросам выполнения лабораторных работ студентов, подготовке и оформлению отчетных материалов.

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки «Мехатроника и робототехника».

Предназначены для студентов направления подготовки 15.03.06 всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 5,58.

Тираж 50 экз. Заказ *1186* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Лабораторная работа №1 «Вибротранспортирующее устройство» .....	6
2. Лабораторная работа №2 «Вибрационное загрузочное устройство ВЗУ- 3/90-380В».....	20
3. Лабораторная работа №3. «мембранный компрессор с электромагнитным приводом».....	30
4. Лабораторная работа №4 «Бытовая стиральная машина SAMSUNG S1021».....	39
5. Лабораторная работа №5 «Посудомоечная машина Elenberg DW-9001».....	49
6. Лабораторная работа №6 «Микроволновая печь CANDY CMG 25 DCW».....	59
7. Лабораторная работа №7 «Электропривод очистителя ветрового стекла автомобиля».....	73
8. Лабораторная работа №8 «Электропривод автомобильного люка».....	82
9. Лабораторная работа №9 «Прибор для измерения уровня глюкозы в крови CONTOUR-TS» .....	93

## **ВВЕДЕНИЕ**

Развитие мехатроники как междисциплинарной научно-технической области помимо очевидных технико-технологических сложностей ставит и целый ряд новых организационно-экономических проблем. Целью изучения дисциплины "Эксплуатация и применение мехатронных систем и роботов" является формирование профессиональной культуры в области практического использования мехатронных и робототехнических систем через ознакомление студентов с классификацией, экономическим и социальным значением, историей и современным этапом развития мехатронных систем и роботов, а также изучение концепции построения и структуры мехатронных и робототехнических систем, формирование у студентов навыков использования, регламентного обслуживания и безопасной эксплуатации мехатронных устройств и роботов.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- проведение анализа цели, задачи и практики создания мехатронных устройств и роботов, находящихся применения в различных сферах жизни современного человека;
- получение знаний в указанной области создания и безопасной эксплуатации мехатронных и робототехнических систем;
- участие в проектных работах в области создания мехатронных и робототехнических систем с учетом обеспечения безопасности и защиты человека от техногенных и антропогенных воздействий;
- усвоение общих принципов выбора состава и структуры мехатронных и робототехнических систем при учете комплекса технических, экономических, экологических и социальных требований и критериев.

Теоретической основой являются общепрофессиональные дисциплины, специальные дисциплины и профессиональные модули.

В результате изучения дисциплины студенты должны освоить следующие общепрофессиональные компетенции:

ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование.

ОПК-12 Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.

ОПК-13 Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности.

## **1. Лабораторная работа №1 «ВИБРОТРАНСПОРТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО»**

**Цель работы:** ознакомиться с техническим устройством и приобрести основные навыки регулировки и эксплуатации вибрационного транспортирующего устройства

### **Введение**

Вопрос нанесения покрытий возникает в связи с необходимостью создания новых продуктов с комбинированными свойствами. Например, в пищевой промышленности - получение сахара-песка с йодсодержащим или с антисептическим покрытием; в области сельского хозяйства – это предпосевная обработка с нанесением стимулирующих добавок на зерновой материал.

Нанесение сухого или жидкостного покрытия на зернистый материал достигается либо смешиванием, либо распылением. Каждый способ имеет свои преимущества и недостатки. Процесс распыления сухого покрытия – экологически грязное производство, сопровождающееся загрязнением воздуха. Перемешивание зернистого материала с жидкостным покрытием в некоторых случаях также затруднено: невозможно смешивание сахара-песка с жидкостным покрытием, так как он растворится. При смешивании сухого покрытия с сахаром - часть сахара истирается, т.е. превращается в пудру.

Наиболее рациональным является распыление жидкостных покрытий на зернистый материал. В данном способе происходит экономия материала покрытия, можно также достичь различной концентрации покрытия в транспортируемом сыпучем материале.

Такие покрытия можно наносить на традиционном транспортирующем оборудовании. Такие машины являются более надежными и недорогими ввиду наличия меньшего количества деталей, простоты конструкции, возможности одноосного приложения возмущающей силы и более полного подавления вибраций.

## 1.1 Общие сведения

Вибрационные транспортирующие машины находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Получают развитие также вибротранспортирующие машины, которые в процессе транспортирования осуществляют и технологическую обработку перемещаемого материала: сушку, гранулирование, обезвоживание и т.п.

Технологический процесс нанесения покрытий на зернистый материал при его вибротранспортировании представлен на рис.1.1.

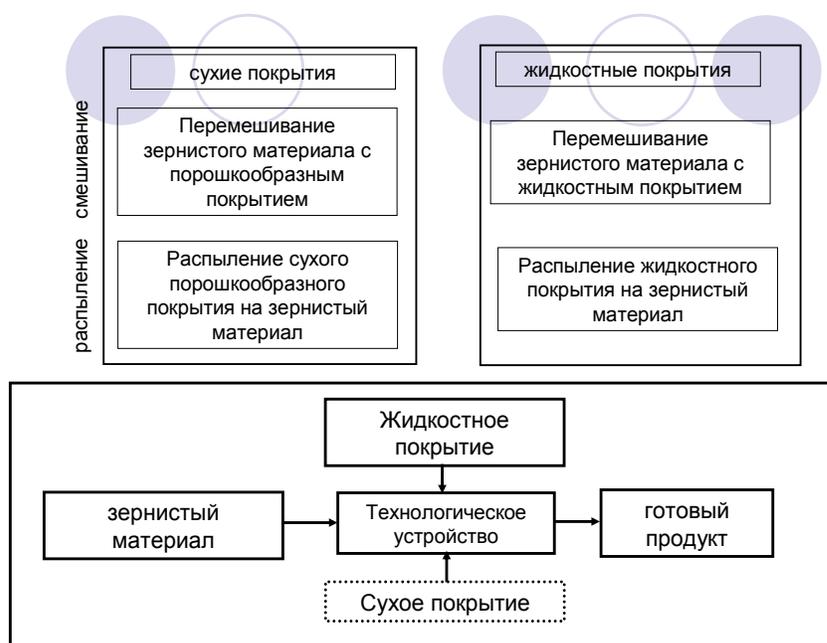


Рис. 1.1 Методы нанесения покрытий на зернистые материалы

Спецификой данного технологического процесса является то, что при вибрационном транспортировании меняются свойства обрабатываемого материала: в начале из загрузочного бункера он поступает неравномерно, с комками, на следующей стадии на него наносится жидкостное покрытие – резко повышаются его масса, влажность и способность к слипанию. На этой стадии очень важно поддерживать требуемое процентное соотношение жидкостного покрытия к обрабатываемому материалу и обеспечить интенсивное перемешивание зернистого материала и насыщение его воздухом. В связи с тем, что процесс распыления начинается с определенной

величины давления распыляемой жидкости в сопле распылителя, изменение концентрации можно получить при периодическом включении и выключении распыляющего устройства. Следовательно, меняя периодичность и продолжительность включения распылителя, можно достичь уровня процентного соотношения покрытие – обрабатываемый материал намного меньше, чем при стационарной работе распылителя с минимальным расходом. На последней стадии происходит сушка зернистого материала и уменьшение его влажности.

При неравномерном поступлении зернистого материала и периодическом включении распыляющего устройства необходимо поддерживать уровень виброускорения рабочего органа с целью обеспечения равномерности потока и перемешивания зернистого материала в виброкипящем слое (рис.1.2).

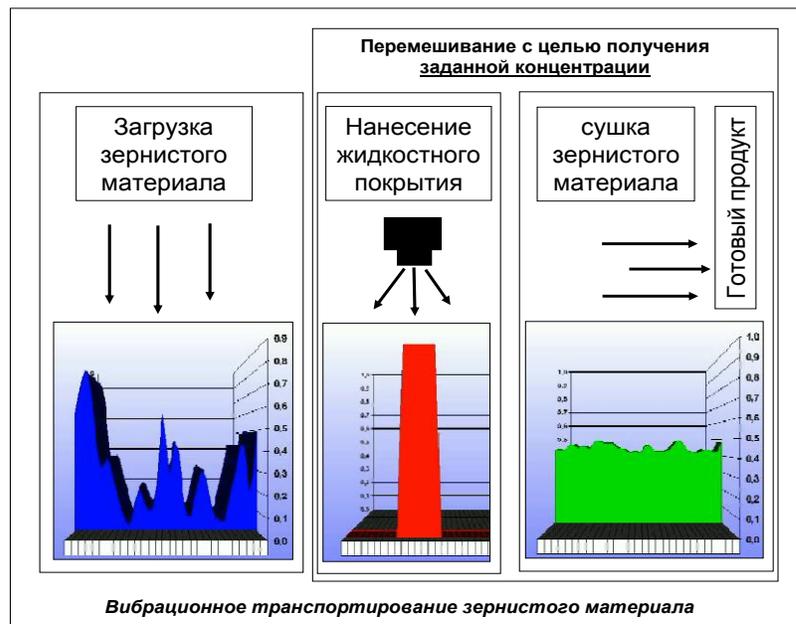


Рис. 1.2 Технологический процесс нанесения покрытий на зернистый материал

Основным фактором, влияющим на колебательное движение рабочего органа и качество технологического процесса, наряду с

геометрическими параметрами вибрационной машины, является тип привода. В большинстве вибрационных машин в качестве привода используют электродвигатель с дебалансом или эксцентриком. Особенностью этих приводов является то, что электродвигатель имеет достаточно длительные переходные режимы. Это затрудняет быстрое регулирование амплитуды и частоты колебаний, поддержание заданного технологического параметра вибрации и автоматизацию работы.

Для управления виброприводами и контроля вибровоздействий используются системы активного контроля и регулирования. Структура, вибротранспортера, представлена на рис.1.3.

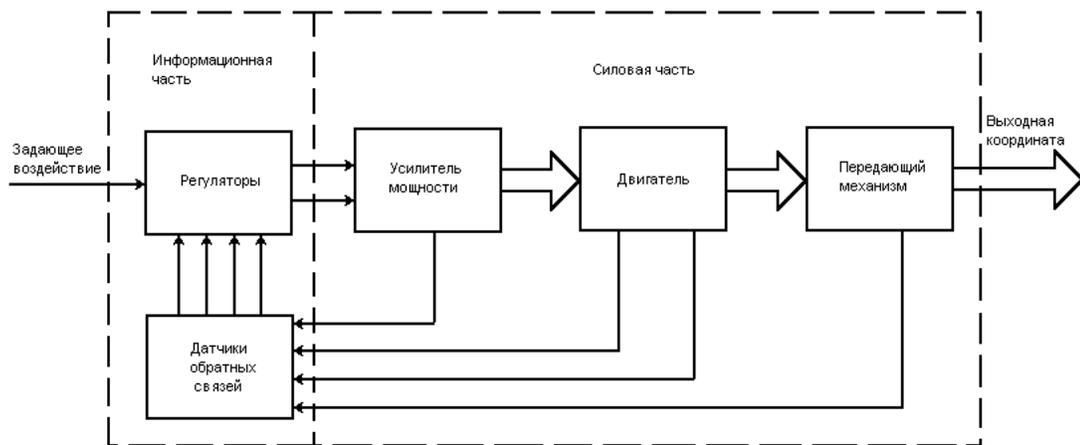


Рис.1.3 Структурная схема технологической машины с виброприводом

Вибротранспортер относится к устройствам, в которых движение рабочего органа не является кинематически заданным, а определяется динамическими свойствами всей электромеханической системы, типом возбудителя и системой активного контроля и управления.

Механические колебания от вибродвигателя, посредством передающего механизма, передаются на рабочий орган, воспринимающий технологическую нагрузку. Обратная связь реализуется между каждым элементом схемы для обеспечения наиболее эффективного рабочего режима и стабилизации

характеристик движения рабочего органа при действии различных дестабилизирующих факторов.

Подбор параметров системы автоматического управления позволяет обеспечить необходимый закон движения рабочего органа для каждого конкретного случая.

## **1.2 Технические данные**

Вибротранспортирующее устройство (вибротранспортер) предназначен для транспортировки сыпучих материалов диаметр частиц которого составляет от 0,5 до 25 мм и масса не более 0,065 кг.

Управление виброприводом осуществляется при помощи преобразователя частоты *VFD-S 022*, который управляет скоростью трехфазного асинхронного электродвигателя дебалансного вибратора *ИВ-99Б*. Преобразователь частоты *VFD-S 022* имеет кнопки включения и выключения («*RUN*» и «*STOP*») и ручку регулировки частоты. Преобразователь позволяет осуществлять торможение двигателя постоянным током, автоматический рестарт после кратковременного пропадания питающего напряжения, программировать несущую частоту, производит запись сообщений о характере аварий и т.д.

Таблица 1.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Напряжение питания электродвигателя, В	380
Напряжение питания САУ	220
Потребляемый ток, А	1- 4
Частота тока, Гц	50
Потребляемая мощность, кВт	0,5
Максимальный статический момент дебаланса, кг·см	5.1
Тип вибрационного механизма	дебалансный,
Габаритные размеры, мм	
высота	1680
ширина	450
длина	1720
Масса вибротранспортера, не более, кг	220
Масса подвижного лотка, кг	60
Масса вибратора, не более, кг	12
Способ формирования тока двигателя	синусоидальная ШИМ
Допустимая перегрузка, %	150
Диапазон регулировки выходной частоты, Гц	0 - 50
Дискретность регулировки выходной частоты, Гц	0.1 83
Уровень звуковой мощности, не более, дБ	
Рабочие температуры, °С	+40
max	-20
min	

### 1.3 Устройство вибротранспортирующей установки

Вибротранспортирующая установка представляет собой установленный на вертикальных рессорах наклонный стол, сбоку которого закреплен вибропривод (см. рис. 4). Подача сыпучего материала осуществляется автоматически из загрузочного бункера.

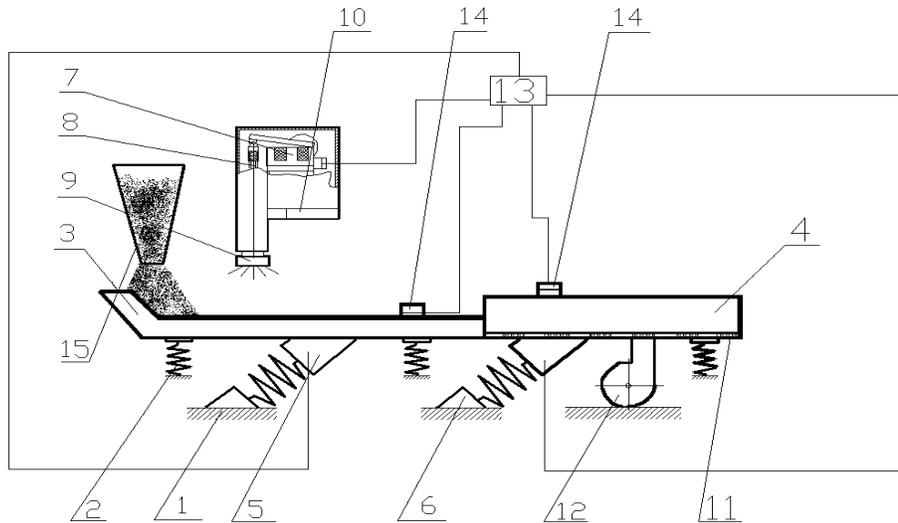


Рис. 4. Вибротранспортирующее устройство: 1, 6 – основание; 2 – рессоры лотка; 3, 4 – секции лотка; 5 – вибропривод; 7 – электромагнитный вибропривод распыляющего устройства; 8 – плунжер; 9 – центробежной насос; 10 – корпус распылителя; 11 – перфорированное днище; 12 – сушильная установка; 13 – система управления; 14 – датчики; 15 – обрабатываемый материал

При включении электродвигателя вибратора, вращающиеся дебалансы вызывают круговые колебания вибратора, передающиеся горизонтальному наклонному лотку, на котором он установлен.

Амплитуда колебаний подвижной системы, см

$$A = \frac{n \cdot M_{cm}}{m_c + n \cdot m_g},$$

где  $M_{cm}$  – статический момент вибратора, кг·см;

$m_c$  – масса подвижной системы, кг;

$m_g$  – масса вибратора, кг;

$n$  – число вибраторов.

### Вибрационный привод (вибратор)

Вибратор – дебалансный центробежный вибровозбудитель, вынуждающая сила которого, вызывается вращательным движением инерционного элемента.

Вибратор представляет собой электродвигатель с установленными на концах вала ротора дебалансами (см. рис. 1.5). Дебалансы, вращаясь с валом ротора, создают центробежную (вынуждающую) силу. Статор 4 электродвигателя встроен в алюминиевую станину 3. Вал ротора 5 опирается на подшипники 6, вмонтированные в подшипниковые щиты 7. Для соосного монтажа ротора и статора в подшипниковых щитах и станине выполнены кольцевые центрирующие проточки. Концы вала ротора с дебалансами 8 закрыты крышками 9. Подшипниковые щиты и крышки стягиваются со станиной болтами и стяжками.

В коробке выводов 1, отлитой за одно целое со станиной, установлена клеммная панель, к которой присоединены выводные провода статора и жилы 2 гибкого силового кабеля КГ ТУ 16.К.73.05-88 сечением  $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ . Заземляющая жила четырехжильного кабеля, крепится винтом заземления внутри коробки выводов.

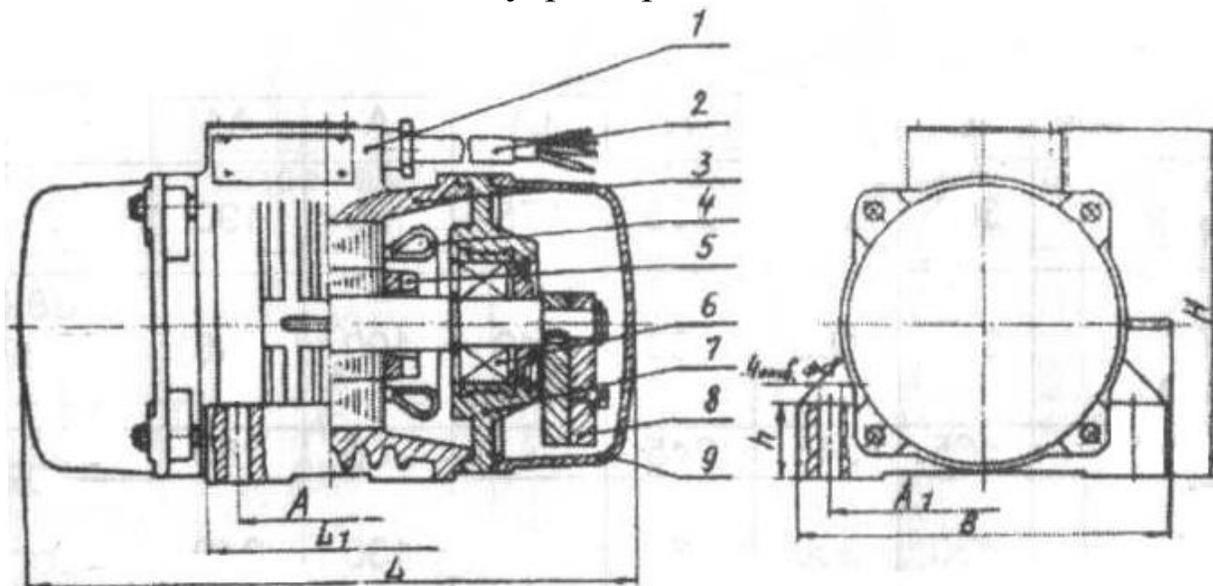


Рис. 1.5. Вибратор ИВ-99Б

Для регулирования величины вынуждающей силы вибратора дебалансы на обоих концах вала выполнены двойными. Дебалансы установленные ближе к электродвигателю, имеют шпоночное соединение с валом ротора. Дебалансы расположенные ближе к концу вала являются поворотными относительно вала. регулирование осуществляется путем изменения взаимного расположения дебалансов на обоих концах вала (см. рис.1.6).

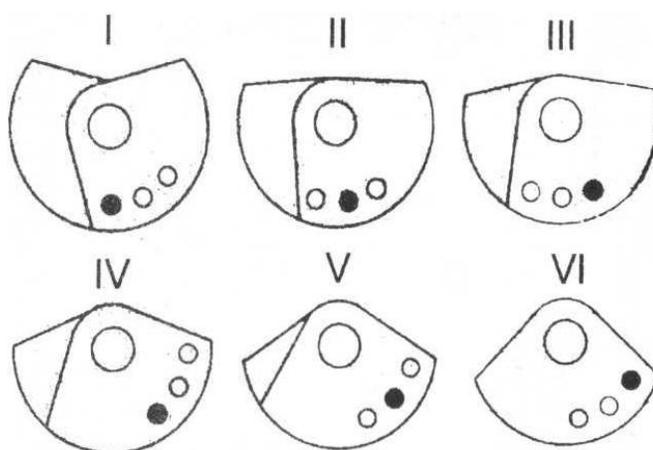


Рис. 1.6. Схема регулировки статического момента

Табл.1.2 Статический момент и вынуждающая сила дебаланса в зависимости от расположения вращающихся масс

Положение грузиков (рис.1/6)	Статический момент дебаланса, кг*см	Вынуждающая сила при синхронной частоте колебаний, кН	Вынуждающая сила при частоте колебаний холостого хода, кН
I	2,55	2,5	1,9
II	3,45	3,4	2,6
III	4,2	4,1	3,2
IV	4,6	4,51	3,5
V	4,9	4,8	3,7
VI	5,1	5,0	3,9

## Система управления

Управление вибрационным приводом осуществляется при помощи преобразователя частоты *VFD-S 022*, общий вид которого представлен на рис.1.7.

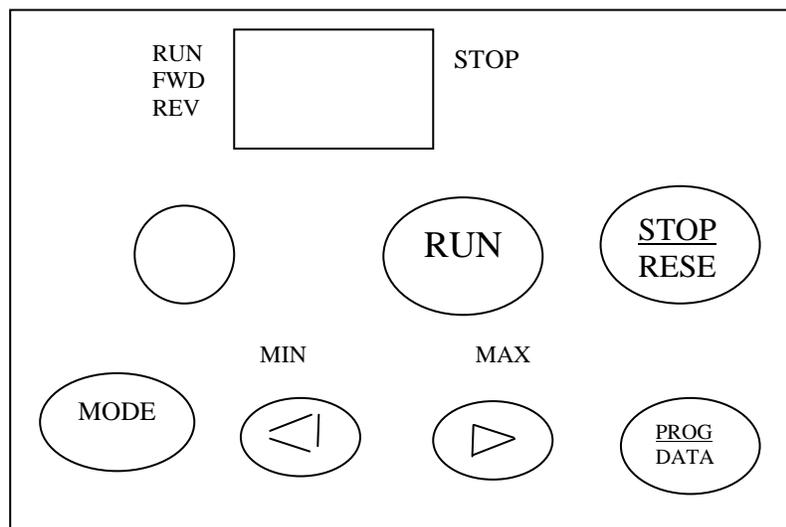


Рис.1.7 Общий вид цифровой панели настройки инвертора напряжения

При настройке работы инвертора напряжения используются следующие параметры, обозначения и сокращения:

- **MODE** – кнопка выбора параметра, значения которого будут высвечиваться на дисплее;
- **PROG/DATA** – кнопка перехода из режима индикации параметров в режим просмотра и изменения программируемых параметров, а также записи измененных значений в память ПЧ;
- **RUN** – кнопка пуска привода;
- **STOP-RESET** – кнопка останова привода;
- **◀ ▶** - изменение частоты, перебора параметров, изменения значений параметров.

Информация, выводимая на информационном дисплее:

- **F 60.0** – частота, Гц;

- Н 60.0 – фактическая частота 1-ой гармоники напряжения;
- А 4.2 – индикация выходного фазного тока;
- U 60.0 – пользов. единица;
- U 310 – индикация напряжения на шине DC;
- Е 220 – индикация выходного напряжения;
- О - группа параметров;
- Frd – прямое направление вращения;
- rEu – обратное направление вращения;
- End – сохранение в памяти измененных значений параметров;
- Err – ошибка.

### **Настройка параметров**

Параметры:

- 1 – 01 – номинальная частота питающего напряжения двигателя (Гц);
- 1 – 02 – максимальное выходное напряжение питания двигателя ( $U_{max}$ );
- 0 – 01 – номинальный выходной ток;
- 1 – 00 – максимальная выходная частота ( $F_{0max}$ );
- 1 – 03 – промежуточная частота ( $F_{mid}$ );
- 1 – 04 – промежуточное напряжение;
- 1 – 05 – минимальная выходная частота ( $F_{min}$ );
- 1 – 06 – минимальное выходное напряжение ( $U_{min}$ );
- 1 – 07 – верхний предел выходной частоты;
- 1 – 08 – нижний предел выходной частоты;
- 1 – 09 – время разгона 1;
- 1 – 10 – время торможения 1;
- 1 – 11 – время разгона 2;
- 1 – 12 – время торможения 2.

## 1.4 Порядок работы

1.4.1. Убедиться в том, что стенд отключен от сети питания. При помощи гаечного ключа открутить крепежные болты и снять крышки ограждающие дебалансы.

1.4.2. Установить поочередно дебалансы вибратора в положения соответствующее выбранному статическому моменту согласно рис.6 и таблице 1, для чего при снятых крышках следует вывернуть болты, соединяющие парные дебалансы на обоих концах вала, и снова соединить их болтами в нужном положении.

1.4.3. Подключить установку к сети питания 220В. Вибратор подключить к инвертору (преобразователю частоты *VFD-S 022*) через розетку 380В. При помощи кнопок «*PROG\DATA*», «▼» и «▲» на панели управления инвертора установить требуемые параметры управления электродвигателем вибратора ( $U_{max}=150В$ ,  $U_{min}=50В$ ,  $U_{cp}=100В$ ,  $f_{max}=50Гц$ ,  $f_{min}=0Гц$ ,  $f_{cз}=25Гц$ ,  $t_{раз(мор)}=1с$ )

1.4.4. Включить установку (кнопка «*RUN*»). Вращая ручку потенциометра на панели инвертора установить рабочую (резонансную) частоту виброконвейера. Определить (при помощи инвертора) текущее значение тока и напряжения. Рассчитать значения амплитуды для каждого заполнить таблицу 1.3.

1.4.5. Выключить стенд. Оформить отчет по лабораторной работе.

Таблица 1.3. Характеристики технологического процесса

Положение грузиков (рис.6)	Амплитуда колебаний подвижной системы виброконвейера, см	Рабочая (резонансная) частота, Гц	Ток, А	Напряжение, В
I				
III				
VI				

### Содержание отчета.

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения о существующих вибротранспортирующих устройствах. Записать технические характеристики и изобразить устройство изучаемой установки. Описать принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Рассчитать амплитуды колебаний подвижной системы виброконвейера для различных значений статического момента вибратора. Ответить на контрольные вопросы.

### Требования по технике безопасности

Ввиду того, что стенд работает от сети высокого напряжения запрещается:

- прикасаться к незащищенным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;
- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;
- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.

## **1.5 Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены вибрационные конвейеры?
2. Назовите основные типы вибровозбудителей, применяемых в различных конструкциях виброконвейеров? Их преимущества и недостатки.
3. Рассказать об устройстве и принципе работы исследуемого виброконвейера?
4. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным системам?

5. Как производится программирование преобразователя частоты?
6. Какие изменения по усовершенствованию данной конструкции вы можете предложить?

### **Библиографический список:**

1. В.Н. Гусев, Ю.М. Гусев "Электроника", Москва, "Высшая школа", 1991г
2. Вибраторы электромеханические общего назначения ИВ-98Б, ИВ-98Н, ИВ-99Б и др., - ОАО Ярославский завод «Красный маяк», Руководство по эксплуатации 2-1.003 РЭ, Ярославль 2004г. - 27с.
3. Зайцев С.А. Динамика вибротранспортирующего устройства для нанесения жидких покрытий на сыпучие материалы: Дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Курск, 2002. – 175 с. – Машинопись.
4. Воротников С.А. Информационные устройства и системы. Ч. I и II: Учебные пособия. М.: МВТУ, 1995. – 64 с. 1996. – 76 с.
5. Миловзоров В.П. Элементы информационных систем. – М.: Высшая школа, 1989. – 140 с.
6. Яцун, С. Ф. Применение мехатронных систем [Текст]: учебно-практическое пособие / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын; Юго-Западный государственный университет. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178 с.
7. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение [Текст]: учебное пособие / Ю. В. Подураев. - М.: Машиностроение, 2006. - 256 с.

## **2. Лабораторная работа №2 «ВИБРАЦИОННОЕ ЗАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ВЗУ- 3/90-380В»**

**Цель работы:** ознакомиться с техническим устройством и приобрести навыки эксплуатации вибрационного загрузочного устройства

### **Введение**

Современные тенденции развития науки и техники ставят перед отечественными машиностроителями задачи, связанные с интенсификацией производства при снижении трудозатрат.

Автоматизация загрузки стала применяться почти сто лет назад, прежде всего в массовом производстве, где приходилось иметь дело с высокопроизводительным технологическим оборудованием. В настоящее время высокопроизводительное оборудование применяется в производстве всех типов (массовом, серийном, единичном), но удельный вес массового производства резко сократился. В этих условиях одним из главных требований к системам механизации и автоматизации становится гибкость, т.е. способность средств механизации и автоматизации быть используемыми для различных, часто сменяемых предметов обработки (ПО). Широкое применение при механизации и автоматизации различных технологических операций и процессов во многих отраслях промышленности нашли вибрационные загрузочные устройства (ВЗУ). Распространение ВЗУ объясняется простой конструкции, отсутствием движущихся захватно–ориентирующих органов, исключением заклинивания ПО, падения и ударов ПО друг о друга, приводящих к дефектам поверхности и ухудшению качества покрытий ПО. ВЗУ позволяют ориентировать различные детали, отличающиеся по массе, размерам, свойствам, форме и другим параметрам, и благодаря этому освобождают человека от утомительного, монотонного и не квалифицированного труда. ВЗУ должны обеспечить подачу ПО к технологическому оборудованию с требуемой производительностью и в необходимом положении. Для выполнения этого условия в их структуру включают ориентирующие устройства различных типов.

## 2.1 Общие сведения

Сборочные операции в машиностроении составляют до 40% себестоимости изделий, а в приборостроении больше — до 50—60%. Вместе с этим, степень автоматизации сборочных работ сегодня весьма низка в связи с ограниченными возможностями, которые имеют здесь традиционные средства автоматизации в виде специальных сборочных автоматов.

К сборочным операциям относятся механическая сборка, электрический монтаж, микроэлектронная сборка. Процесс сборки состоит из следующих последовательных взаимосвязанных операций:

- загрузка собираемых деталей в загрузочные и транспортные устройства (обычно с их ориентацией);
- перемещение деталей к месту сборки;
- базирование, т. е. фиксация в строго определенной позиции, с ориентацией деталей на сборочной позиции;
- собственно операция сборки, т. е. сопряжения деталей, включая закрепление;
- контрольно-измерительные операции в ходе сборки;
- удаление собранного узла со сборочной позиции для перемещения на следующую позицию, если сборка не закончена.

На рис. 2.1 показан пример сборочного робототехнического комплекса (РТК), построенного на базе универсального промышленного робота МПС-9С.

Комплекс включает несущую раму, поворотный стол, загрузочные и ориентирующие устройства, устройства крепления оснащения, кабельные узлы, устройство управления комплексом, блоки синхронизации и связи с ЭВМ.

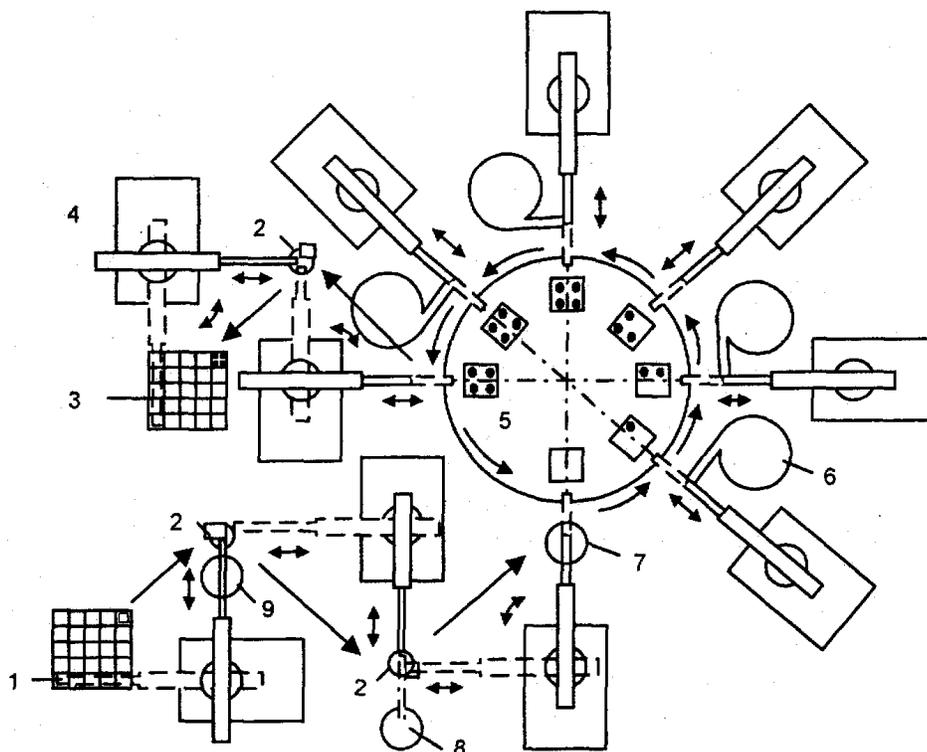


Рис. 2.1 Робототехнический комплекс для сборки контурных катушек радиоприемников: 1 — загрузочное устройство (тара); 2 — промежуточная точка; 3 — разгрузочное устройство; 4 — устройство группового управления; 5 — роторный стол; 6 — **виброзагрузочное устройство**; 7 — ванна для очистки; 8 — ванна для пайки; 9 — ванна для флюсования

Для автоматизированной загрузки применяются устройства, получившие названия бункерные загрузочные устройства (БЗУ). Все БЗУ принято делить на две большие группы: механические и вибрационные. В первых ПО с помощью механических устройств вовлекаются в движение, в процессе которого над ними совершаются действия, в результате чего все ПО занимают одно требуемое положение. Конструкция рабочих элементов таких БЗУ зависит от формы и размеров ПО. Поэтому, в своем большинстве, механические БЗУ являются специализированными устройствами, и при переходе на новую продукцию требуется проектировать и изготовлять новые устройства.

В вибрационных БЗУ (ВЗУ) (см. рис. 2.2) ПО вовлекаются в движение не за счет механического контакта ПО и захватных органов, а благодаря динамическому воздействию колеблющейся плоскости и находящихся на ней ПО. Таким образом, относительно небольшие движения колеблющейся плоскости приводят к направленному движению ПО, в процессе которого над ними выполняются необходимые манипуляции по приведению к одному положению. Кроме того, конструктивное исполнение ВЗУ в виде цилиндрической чаши с винтовой поднимающейся дорожкой (рис. 2), вдоль которой могут быть установлены самые разнообразные устройства для ориентирования ПО, создает предпосылки для использования ВЗУ со сменяемыми ориентирующими устройствами как универсальных. Поэтому ВЗУ получили в настоящее время гораздо большее распространение, чем механические БЗУ.

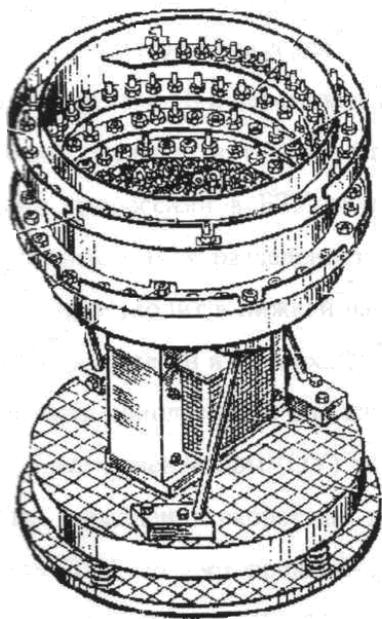


Рис. 2.2 Вибрационное загрузочное устройство

## 2.2 Технические данные

Объектом исследования является бункерное ВЗУ-3/90-380В со спиральным лотком, колебания захватно-ориентирующим дорожкам (лоткам) в котором передается от упругих элементов с помощью трех электромагнитов. Общие технические данные приведены в табл.2.1

Управление электромагнитными приводами ВЗУ-3/90-380В осуществляется при помощи преобразователя частоты VFD-S 022, Преобразователь частоты VFD-S 022 имеет кнопки включения и выключения («*RUN*» и «*STOP*») и ручку регулировки частоты.

Таблица 2.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Напряжение питания электромагнитных приводов, В	380
Напряжение питания СУ	220
Потребляемый ток, А	1- 4
Частота тока, Гц	50
Потребляемая мощность, кВт	0,3
Тип вибрационного механизма	электромагнитный
Габаритные размеры, мм	
высота	500
ширина	450
Способ формирования тока двигателя	синусоидальная ШИМ
Допустимая перегрузка, %	150
Диапазон регулировки выходной частоты, Гц	0 - 50
Уровень звуковой мощности, не более, дБ	90
Рабочие температуры, °С	
max	+40
min	-10

## 2.3 Устройство ВЗУ- 3/90-380В

Основными узлами ВЗУ (см. рис.2.3) являются основание 2, установленное на станине на амортизаторах 1, электромагнитный привод 3 и чаша 5, закрепленная на основании при помощи линейных пружин 4. Чаша ВЗУ состоит из обечайки с винтовыми дорожками 7 и 8, которые могут быть смонтированы как внутри обечайки, так и снаружи. Обечайка соединена с дном, имеющим конусный профиль. ПО, засыпанные навалом в нижнюю часть 6 чаши, перемещаются по конусу дна. В процессе этого движения ПО подготавливаются к захвату, который осуществляется дорожкой. Оказавшись на дорожке в различных положениях, в том числе и в неустойчивых, ПО двигаются вверх. Лишний слой ПО удаляется установленными над дорожкой планками. ПО в неустойчивых положениях падают в чашу. Требуемое положение ПО занимает в ориентирующем устройстве. В данном случае ориентирование осуществляется по трафарету, функции которого выполняет окно 9. Сориентированные ПО подготавливаются к выдаче в специальных накопительных наружных витках 10 и через окна выдаются в лотки-магазины, которых в общем случае может быть установлено несколько.

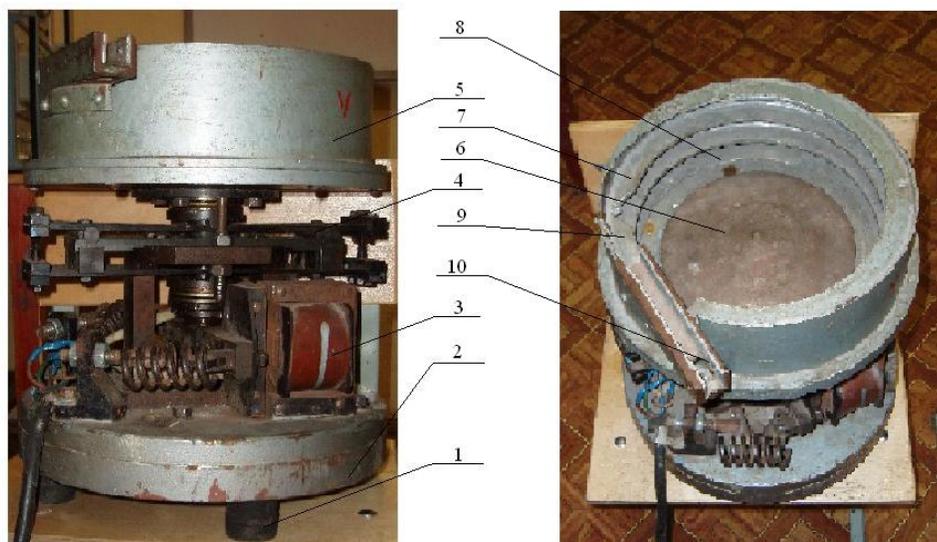


Рис. 2.3 Виброзагрузочное устройство ВЗУ-3/90-380В

Колебания плоскости возбуждают по гармоническому закону в двух направлениях:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= A_x \sin \omega t + \varepsilon \\ \zeta &= A_y \sin \omega t \end{aligned} \right\},$$

где  $\xi, \zeta$  - перемещение плоскости в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно, мм;

$A_x, A_y$  - амплитуды колебаний в соответствующих направлениях, мм;

$\omega$  - круговая частота колебаний, 1/с;

$f$  - базовая частота колебаний, Гц;

$\varepsilon$  - сдвиг по фазе между горизонтальными и вертикальными колебаниями, рад.

Если сдвиг по фазе  $\varepsilon = 0$ , то траектория колебаний плоскости будет представлять прямую линию, наклоненную под некоторым углом к горизонту. Этот наклон определяется соотношением амплитуд колебаний  $A_x$  и  $A_y$ , а способ возбуждения колебаний называется синфазным. Если сдвиг по фазе  $\varepsilon$  не равен 0, то траектория колебаний плоскости будет представлять эллипс, ось которого наклонена под некоторым углом к горизонту. Наклон определяется соотношением амплитуд колебаний  $A_x$  и  $A_y$ , а способ возбуждения колебаний называется раздельным.

### Система управления

Управление вибрационным приводом осуществляется при помощи преобразователя частоты VFD-S 022, схема подключения которого представлена на рис. 2.4.

При настройке работы инвертора напряжения используются следующие параметры, обозначения и сокращения:

- MODE – кнопка выбора параметра, значения которого будут высвечиваться на дисплее;

- PROG/DATA – кнопка перехода из режима индикации параметров в режим просмотра и изменения программируемых параметров, а также записи измененных значений в память ПЧ;
- RUN – кнопка пуска привода;
- STOP-RESET – кнопка останова привода;
- ◀ ▶ - изменение частоты, перебора параметров, изменения значений параметров.

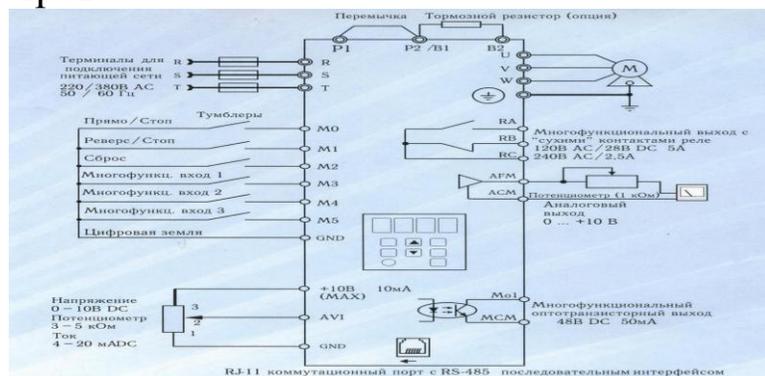


Рис.2.4 Схема подключения преобразователя частоты VFD-S 022

## Настройка параметров

Параметры:

- 1 – 01 – номинальная частота питающего напряжения двигателя ( $f_n$ );
- 1 – 02 – максимальное выходное напряжение питания двигателя ( $U_{max}$ );
- 0 – 01 – номинальный выходной ток;
- 1 – 00 – максимальная выходная частота ( $f_{0max}$ );
- 1 – 03 – промежуточная частота ( $f_{mid}$ );
- 1 – 04 – промежуточное напряжение;
- 1 – 05 – минимальная выходная частота ( $f_{min}$ );
- 1 – 06 – минимальное выходное напряжение ( $U_{min}$ );
- 1 – 07 – верхний предел выходной частоты;
- 1 – 08 – нижний предел выходной частоты;

## 2.4 Порядок работы

2.4.1. Подключить установку к сети питания 220В.

2.4.2. Виброзагрузочное устройство подключить к инвертору (преобразователю частоты *VFD-S 022*) через розетку 380В.

2.4.3. При помощи кнопок «*PROG\DATA*», «▼» и «▲» на панели управления инвертора установить требуемые параметры управления электродвигателем вибратора ( $U_{max}=150В$ ,  $U_{min}=50В$ ,  $U_{cp}=100В$ ,  $f_{max}=50Гц$ ,  $f_{min}=0Гц$ ,  $f_{сз}=25Гц$ ,  $t_{раз(тор)}=1с$ )

2.4.4. Включить установку (кнопка «*RUN*»). Вращая ручку потенциометра на панели инвертора найти рабочую частоту виброконвейера. При необходимости провести регулировку амплитуды колебаний чаши ВЗУ в горизонтальной и (или) вертикальных плоскостях путем изменения величины воздушного зазора электромагнитных приводов. Определить (при помощи инвертора) текущее значение тока и напряжения.

2.4.5. Выключить стенд. Оформить отчет по лабораторной работе.

### Содержание отчета.

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения о существующих ВЗУ. Записать технические характеристики и изобразить схему исследуемой установки. Описать принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Ответить на контрольные вопросы.

### Требования по технике безопасности

Ввиду того, что стенд работает от сети высокого напряжения запрещается:

- прикасаться к незащищенным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;

- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;
- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.

## 2.5 Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены ВЗУ?
2. Назовите основные типы ВЗУ, применяемых в промышленности? Их преимущества и недостатки.
3. Рассказать об устройстве и принципе работы исследуемого виброзагрузочного устройства ВЗУ-3/90-380В?
4. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным?
5. Какие производится регулировка амплитуды колебаний исполнительного устройства ВЗУ?
6. Что такое раздельный и синфазный способы возбуждения колебаний?

### Библиографический список:

1. В.Н. Гусев, Ю.М. Гусев "Электроника", Москва, "Высшая школа" 1991г;
2. Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005
3. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М., Мир, 1990. – 27с.
4. Петнюнас И.А. Фрикционное ориентирование в вибрационных нагрузочных устройствах: Дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Тула, 2002. – 143 с. – Машинопись.
5. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение [Текст] : учебное пособие / Ю. В. Подураев. - М.: Машиностроение, 2006. - 256 с.

### **3 Лабораторная работа №3 «МЕМБРАННЫЙ КОМПРЕССОР С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ»**

**Цель работы:** ознакомиться с техническим устройством и приобрести основные навыки регулировки и эксплуатации мембранного компрессора с электромагнитным виброприводом

#### **Введение**

В современной промышленности широко используется сжатый воздух, который участвует в технологических процессах, выполняет механическую работу, используется для получения, передачи и обработки информации, в том числе и для осуществления функций управления и т.д. Для производства сжатого воздуха обычно используются компрессоры объемного действия (поршневые, мембранные, роторные). Мембранные компрессоры применяют в тех случаях, когда предъявляются особо жесткие требования к чистоте сжимаемого газа (не допускается присутствие паров смазочного масла, воды, пыли и т. д.). Кроме того, полная герметичность полости сжатия мембранных компрессоров позволяет применять их для сжатия и перекачки таких газов, как кислород, окись азота, фтор, хлор и других.

Перспективным направлением в области создания новых конструкций компрессоров является разработка приводов, в основу которых положен вибрационный принцип работы (электродинамических, электромагнитных). Однако широкое распространение таких приводов ограничивается из-за того, что движение исполнительного органа у них не является кинематически заданным, а определяется динамическими свойствами всей электромеханической системы. Резервом повышения функциональных возможностей электромагнитных приводов является оснащение таких устройств системой автоматического управления (САУ). Задача создания методики расчета устройств с электромагнитным виброприводом и САУ является актуальным направлением при совершенствовании конструкций машин.

### 3.1 Общие сведения

Компрессор - это машина, предназначенная для сжатия и перемещения газов. В компрессорах происходит преобразование энергии, подводимой двигателем к валу, в потенциальную энергию проходящих через них газов. В объемных компрессорах передача энергии от двигателя к газу происходит в рабочей камере, периодически изменяющей объем из-за перемещения двигателем привода одной или нескольких ее стенок. В процессе изменения объема камера поочередно соединяется с полостями низкого и высокого давлений газа, а некоторое время отсоединена от обеих полостей. За полный период изменения объема камеры газ, находящийся в ней, переместится из полости низкого в полость высокого давления. При этом двигателем производится работа для перемещения стенок камеры. К объемным компрессорам относятся все виды поршневых, винтовых и роторных машин. Конструкция мембранного компрессора имеет ряд специфических особенностей, вследствие которых, эти компрессоры могут быть выделены в особую группу машин для сжатия воздуха и газов (см. рис. 3.1).



Рис. 3.1 Компрессоры с гибким рабочим органом (ГРО)

На сегодняшний день промышленностью выпускается целый ряд мембранных компрессоров, отличающиеся величиной давления нагнетания, максимальной производительностью, типом привода, конструктивным исполнением.

Двигатели возвратно-поступательного движения являются более надежными в условиях ударной вибрации перед двигателями вращательного движения, кроме того, отсутствие дополнительного звена, преобразующего вращательное движение в возвратно-поступательное, позволяет снизить вес и увеличить надежность работы всей машины. В компрессорах с непосредственным преобразованием электрической энергии в кинетическую в качестве привода используются электромагнит, якорь которого является приводом рабочего органа и совершает возвратно-поступательное движение непосредственно под действием электромагнитных сил. В целом КПД электромагнитного привода больше, чем электромеханического, и может составлять 55-65%, а вес на единицу отдаваемой мощности у обоих приводов примерно одинаков.

В таких устройствах электрическая энергия преобразуется в механические колебания по следующей схеме:

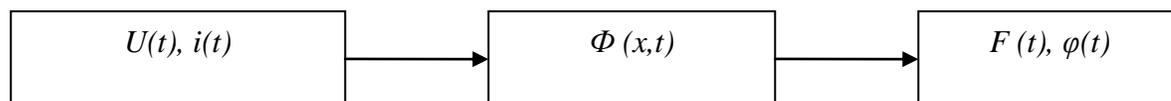


Рис. 3.2 Схема преобразования энергии в электромагнитном устройстве

Иначе говоря, электрическая энергия преобразуется в энергию магнитного поля, а энергия магнитного поля, в свою очередь, преобразуется в энергию магнитных колебаний рабочего органа устройства.

Мембранный компрессор с электромагнитным виброприводом работает следующим образом. Под действием электромагнитной силы, которая возникает под действием проходящего в обмотках электромагнита тока, и возвратной пружины, якорь совершает качательные движения, которые через шток передаются рабочей мембране.

### 3.2 Технические данные

Мембранный компрессор с электромагнитным виброприводом (виброкомпрессор) предназначен для получения сжатого воздуха в с высокими требованиями к частоте.

Управление виброприводом осуществляется при помощи преобразователя частоты *VFD-S 022*, который управляет частотой движения качающегося якоря электромагнитного привода.

Таблица 3.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Напряжение питания привода, В	220
Напряжение питания САУ	220
Потребляемый ток, А	1- 6
Частота тока, Гц	50
Потребляемая мощность, кВт	1
Максимальное рабочее давление, кгс/см <sup>2</sup>	30
Габаритные размеры, мм	
высота	300
ширина	170
длина	398
Масса компрессора, не более, кг	6
Допустимая перегрузка, %	150
Диапазон регулировки выходной частоты, Гц	0 - 50
Дискретность регулировки выходной частоты, Гц	0.1 83
Уровень звуковой мощности, не более, дБ	
Рабочие температуры, °С	+40
max	-20
min	

### 3.3 Устройство мембранного компрессора

Конструктивно мембранный компрессор (см. рис. 3.3) состоит из рабочей камеры, образованной мембраной 4, выполненной из эластичного материала и прикрепленной в центре к штоку 3, получающего возвратно-поступательное движение от качающегося якоря 2 электромагнитного привода 1. Мембрана закреплена по периферии так, что между ней и крышкой 6 образована герметичная полость сжатия, полностью изолированная от механизма движения. Сжимаемая среда (воздух, газ) поступает в камеру сжатия через всасывающий клапан; сжатый газ выходит через нагнетательный клапан; оба клапана размещены в крышке рабочей камеры компрессора. Привод и рабочая камера компрессора закреплены на общей раме-основании.

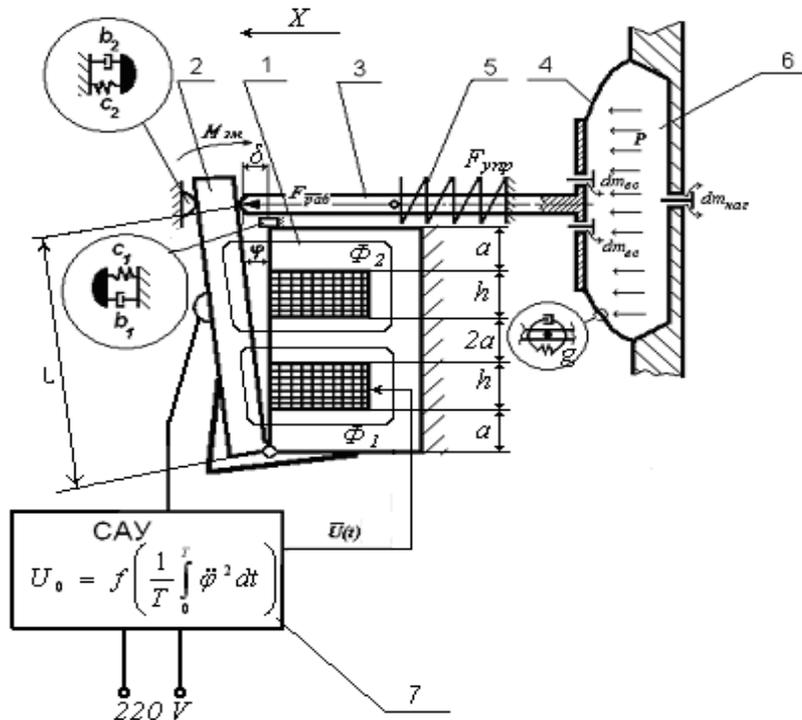


Рис. 3.3 Схема мембранного компрессора с системой автоматического управления: 1 - электромагнит; 2- качающийся якорь; 3- шток; 4- мембрана; 5 – возвратная пружина; 6 – рабочая камера с двумя впускными и одним выпускным клапанами; 7 - САУ с датчиком обратной связи

Конструкция электромагнитного привода содержит магнитопровод, катушку, подвижный сердечник и возвратные пружины.

*Магнитопровод* служит для увеличения магнитного потока, его концентрации в определенной части привода, а также придания магнитному полю желаемой конфигурации. В состав магнитопровода входят подвижный сердечник, неподвижный сердечник и катушка.

*Возвратные пружины.* Основным назначением возвратной пружины является перемещение сердечника в исходное положение после отключения обмотки электропривода или снижение тока (напряжения) до значения отпускания  $I_{omn.}$ . Наличие возвратной пружины обусловлено тем, что после снятия напряжения подвижный сердечник остается притянутым к полюсу магнитопровода под действием остаточного магнетизма материала магнитопровода, а также для обеспечения обратного хода рабочего органа компрессора. С помощью возвратных пружин обеспечивается уменьшение силы удара сердечника о полюс магнитопровода, исключение вибрации сердечника из-за вибрационных и ударных нагрузок.

*Катушки.* Для катушек электромагнитных проводов переменного тока исходным расчетным параметром является число витков  $\omega$ , которое должно строго выдерживаться при изготовлении. Сечение провода определяется тепловым расчетом. Для катушек электромагнитных приводов преимущественно применяются медные провода круглого сечения с эмалевой изоляцией. Каркасы катушек могут быть сборными, прессованными из пластмассы и штампованными из металла. В зависимости от рабочей температуры применяются провода марок ПЭВ-1, ПЭВ-2, ПЭТВМ, ПТЭВ-2, ПЭТ-155, ПНЭТ-имид, ПЭТ-200. Использование обмоточного пространства характеризуется коэффициентом заполнения катушки, который равен отношению площади, занятой медью, к площади обмоточного пространства. Обмотка может быть: рядовой, шахматной и «дикой» (в навал), когда витки расположены слоями, без точной укладки. Для защиты обмотки от воздействия окружающей среды, повышения механической и электрической прочности изоляции, а также для улучшения теплоотвода выделяемой теплоты

катушка подвергается пропитке, а затем заливке или обволакиванию. При пропитке все зазоры между витками обмотки заполняются электроизоляционными лаками или компаундами. При обволакивании на поверхности катушки создается слой герметизирующего электроизоляционного материала. Перед пропиткой поверхность обмотки изолируется батистовой, тафтяной или стеклянной лентой. Эта мера принимается для предохранения обмотки от механических воздействий в процессе изготовления. Подключение катушки электромагнитного привода к сети обычно осуществляется с помощью гибкого одно- или многожильного шнура.

### **Система управления**

Управление электромагнитным осуществляется при помощи преобразователя частоты *VFD-S 022*, общий вид панели управления которого, также подробное описание представлены в лабораторных работах №2 и №3.

### **3.4 Порядок работы**

3.4.1. Внимательно изучить конструкцию мембранного компрессора с электромагнитным приводом. При помощи гаечного ключа установить требуемый воздушный зазор ( $\delta = 5\text{мм}$ ) электромагнитного привода.

3.4.2. Подключить компрессор к инвертору (преобразователю частоты *VFD-S 022*) через розетку 220В. При помощи кнопок «*PROG\DATA*», «▼» и «▲» на панели управления инвертора установить требуемые параметры управления электромагнитным приводом компрессора ( $U_{max}=150\text{В}$ ,  $U_{min}=50\text{В}$ ,  $U_{cp}=100\text{В}$ ,  $f_{max}=50\text{Гц}$ ,  $f_{min}=0\text{Гц}$ ,  $f_{cz}=25\text{Гц}$ ,  $t_{раз(мор)}=1\text{с}$ )

3.4.3. Включить установку (кнопка «*RUN*»). Вращая ручку потенциометра на панели инвертора установить различные частоты колебаний электромагнитного привода. Определить (при помощи инвертора) текущее значение тока и напряжения.

3.4.4. Выключить стенд. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Содержание отчета**

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения о существующих конструкциях компрессоров с ГРО. Записать технические характеристики и изобразить устройство изучаемой установки. Описать принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Ответить на контрольные вопросы.

### **Требования по технике безопасности**

Ввиду того, что стенд работает от сети высокого напряжения запрещается:

- прикасаться к неизолированным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;
- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;
- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.

### **3.5 Контрольные вопросы**

7. Для чего предназначены компрессоры?
8. Назовите основные типы приводов компрессоров с гибким рабочим органом? Их преимущества и недостатки.
9. Рассказать об устройстве и принципе работы исследуемого компрессора?
10. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным системам?
11. Как производится программирование преобразователя частоты?
12. Какие технологические требования предъявляются к деталям электромагнитного привода?

**Библиографический список:**

1. Алтухов С.М. Мембранные компрессоры. – М., Машиностроение, 1967.- 128с., ил.
2. Вибрации в технике Т.4. Вибрационные процессы и машины: Справочник. М. Машиностроение 1981. – 509
3. Левин В.И. Профессии сжатого воздуха и вакуума. – М.: Машиностроение, 1989.- 256 с.: ил.
4. Рукавицын А.Н. Динамика мембранного компрессора с электромагнитным приводом: Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Курск, 2004. -150 с. – Машинопись.
5. Смелягин А.И. Синтез и исследование машин и механизмов с электромагнитным приводом. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1991 –248с.
6. Яцун С.Ф., Рукавицын А.Н. Мембранный компрессор. Свидетельство на полезную модель № 17952., Бюл. №13 от 10.05.2001
7. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение [Текст] : учебное пособие / Ю. В. Подураев. - М.: Машиностроение, 2006. - 256 с.
8. Яцун, С. Ф. Проектирование бытовых мехатронных систем : учебное пособие / С. Ф. Яцун, П. А. Безмен ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 112 с. : ил. - Б. ц. - Текст : непосредственный.

## **4 Лабораторная работа №4 «БЫТОВАЯ СТИРАЛЬНАЯ МАШИНА SAMSUNG S1021»**

**Цель работы:** изучение конструкции и принципов действия современных бытовых стиральных машин-автоматов.

### **Введение**

В выпускаемых сегодня стиральных машинах применяются современные технологии, такие как электронная система управления, благодаря которой снижено потребление воды и электроэнергии, сокращено время стирки. Кроме того, в машинах данной серии применена оригинальная система балансировки (*ABC*), что позволило значительно снизить дисбаланс и уровень шума, а также, обеспечивает устойчивость машины и увеличивает срок службы узлов машины. Новая система балансировки заменила традиционные противовесы. Оригинальной разработкой является применение многофункционального поворотного переключателя, позволяющего пользователю без усилий переходить на нужную программу стирки. В стиральных машинах *Samsung* применена система «тройного водопада» (*3D-Aqua-Spar*), которая состоит в орошении белья струями воды, истекающими из трех ребер на внутренней поверхности барабана. В процессе стирки вода заполняет емкость, внутри которой вращается барабан. Белье контактирует с моющим раствором на дне барабана. В машине применен режим отжима с интервалами (*IVS*) — способ отжима, при котором на каждом этапе обороты барабана увеличиваются, а между отдельными фазами отжима наступают продолжительные паузы. Это хотя и увеличивает время отжима, но позволяет получить белье практически без складок.

## 4.1 Общие сведения

В качестве объекта исследования выступает стиральная машина *Samsung SI021* из серии моделей *Sensor Quick*. В данной стиральной машине нашла применение система управления, основанная на нечеткой логике *Fuzzy Logic control*, которая, помимо установки оптимального уровня воды и оптимизации других параметров стирки, контролирует весь процесс стирки и вносит необходимые коррективы для получения наилучших результатов. При обнаружении таких отклонений в процессе стирки, как, слишком большое количество моющего средства оставшегося по завершении цикла стирки, сильная вибрация при отжиге и других нежелательных явлениях, система вносит изменения в выполняемую программу стирки и продолжает процесс стирки с внесенными коррективами.

В середине 1990-х годов к ряду бытовой техники, в том числе автоматическим стиральным и сушильным машинам, в Европе были применены так называемые критерии ЕЭС. С тех пор каждый аппарат обязан иметь заполненную табличку-вкладыш к паспорту или наклейку. В них указаны технические данные по единой шкале оценок — одни параметры имеют пояснения, другие обозначаются буквами от *A* до *G*. Каждая из букв, в свою очередь, соответствует как количественным, так и качественным показателям. Принято, что *A* и *B* — лучшие показатели, *C, D* и *E* — средние, а *F* и *G* — низшие. В начале указаны вид бытовой техники, название производителя и/или торговая марка и модель. Затем приведена диаграмма и флажок, наглядно поясняющие, к какому классу по уровню потребляемой мощности относится данный аппарат. Для стиральной машины, то значения потребляемой мощности в кВт·час/кг будут следующими: *A* < 0,19; *B* — 0,19-0,23; *C* — 0,23-0,27; *D* — 0,27-0,31; *E* — 0,31-0,35; *F* — 0,35-0,39; *G* > 0,39. Конкретное значение расхода электроэнергии за одну стирку хлопчатобумажного белья при температуре в 60 градусов указывают в графе «расход электроэнергии кВт·час/за цикл». Далее проставляется литера эффективности стирки. Не вдаваясь в подробности довольно сложных и продолжительных испытаний, можно сказать, что *A* — это высший класс стирки, а *G* — низший.

Эффективность отжима также обозначается рядом букв от *A* до *G*. Показатели определяются простым отношением, называемым степенью остаточной влажности: из веса мокрого белья вычитается вес сухого и все это делят на вес последнего, умножая полученное на 100 %. У аппаратов с литерой *A* — остаточная влажность менее 45 %, а с литерой *G* — более 90 %. Здесь же, рядом, указаны скорость центрифуги в оборотах в минуту. Следующие графы — максимальная загрузка грубого (хлопчатобумажного) белья в килограммах и расход воды в литрах за один цикл стирки. И наконец, последняя — уровень шума стиральной машины во время стирки и во время отжима, в дБ.

На рис.4.1 представлен внешний вид и вид наклейки изучаемой стиральной машины.



Рис. 4.1 Стиральная машина Samsung (общий вид)

Уровень шума при работе данной стиральной машины составляет 53,4 дБ, амплитуда вибраций – порядка 0,3 мм, благодаря применению новой системы балансировки *Can Balans*. Шары расположенные в передней и задней частях барабана, перемещаются в сторону, противоположную месту возникновения дисбаланса, компенсируя неравномерность распределения белья.

## 4.2 Технические данные

Бытовая стиральная машина *Samsung S1021* предназначена стирки белья любого типа в домашних условиях весом не более 3,5 кг. В машине применена электронная система управления *Fuzzy Logic*, благодаря которой потребление электроэнергии снижено до уровня 1.6 кВт/ч, воды – до 45 л, длительность стирки сокращена до 95 мин. (все данные относятся к стирке хлопка при 95<sup>0</sup> С). На машине установлен также много функциональный поворотный переключатель *Jog Dial*, позволяющий пользователю без усилий переходить на нужную программу стирки.

Таблица 4.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Потребляемая мощность, Вт:	
- стирка	110
- стирка и нагрев воды	900
- отжим	170
- слив	34
Объем воды, л	43 (стандартная программа)
Скорость вращения при отжиге, мин <sup>-1</sup>	50-800
Масса загружаемого белья для стирки и отжима, кг	1000 3,5 (сухого белья)
Класс энергопотребления	А
Класс качества стирки	В
Класс качества отжима	С
Тип стиральной машины	с фронтальной загрузкой
Габаритные размеры, мм	
- высота	844
- ширина	598
- толщина	340
Масса, кг	55

### 4.3 Устройство стиральной машины *Samsung S1021*

Стиральная машина имеет корпус с передней боковой крышкой, где установлен микровыключатель блокировки крышки, который выключает машину при ее открывании во время работающего электродвигателя. На верхней рамке также закреплен командоаппарат и блок электронного управления. Внутри стирального бака закреплены: датчик температуры, лоток для стирального порошка и электронагревательные элементы (ТЭН). Снаружи — два электромагнитных клапана, датчики-реле уровня стирального раствора, штуцеры для залива и слива воды, а также дренажная трубка стирального бака со сменным фильтром. Непосредственно на основании стиральной машины закреплены: блок конденсаторов, мотор-насос, а также кронштейн с электродвигателем и механизмом натяжения ремня (см. рис.4.2). Рабочий орган стиральной машины — барабан сверху подвешен на четырех спиральных пружинах. Снизу барабан опирается на два упругих амортизатора. Для снижения вибраций и уравнивания рабочего органа стиральной машины на нем закреплен противовес. На задней стенке машины расположены два штуцера, к которым подсоединяются сливной и наливной шланги. На передней стенке находится закрытое крышкой отверстие, обеспечивающее доступ к фильтру насоса. Вода из бака сливается при помощи электронасоса центробежного действия.

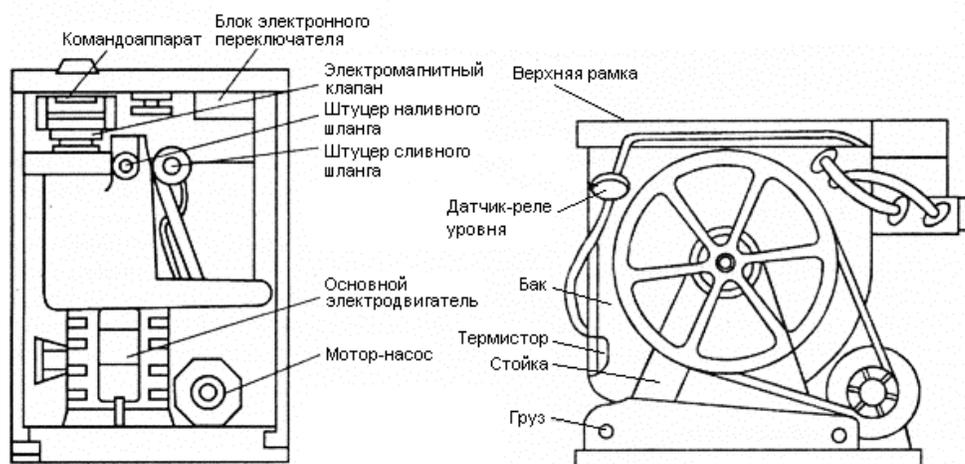


Рис. 4.2 Устройство стиральной машины *Samsung S1021*

Привод рабочего органа (РО) машины осуществляется от реверсивного электродвигателя *DC31-10181A*, вращение вала которого передается РО посредством клиноременной передачи. В приводе предусмотрено устройство для натяжения приводного ремня.

Загрузка стиральной машины осуществляется в ручную через переднюю (фронтальную) боковую крышку. Также в ручную осуществляется загрузка стирально-моющих средств в распределительный бункер.

Заполнение водой рабочего органа происходит при открытии электромагнитного клапана. Нагрев воды до требуемой температуры осуществляется при помощи термоэлектронагревательного элемента (ТЭН) мощностью 2000Вт.

На рис. 4.3 представлена монтажная схема стиральной машины.

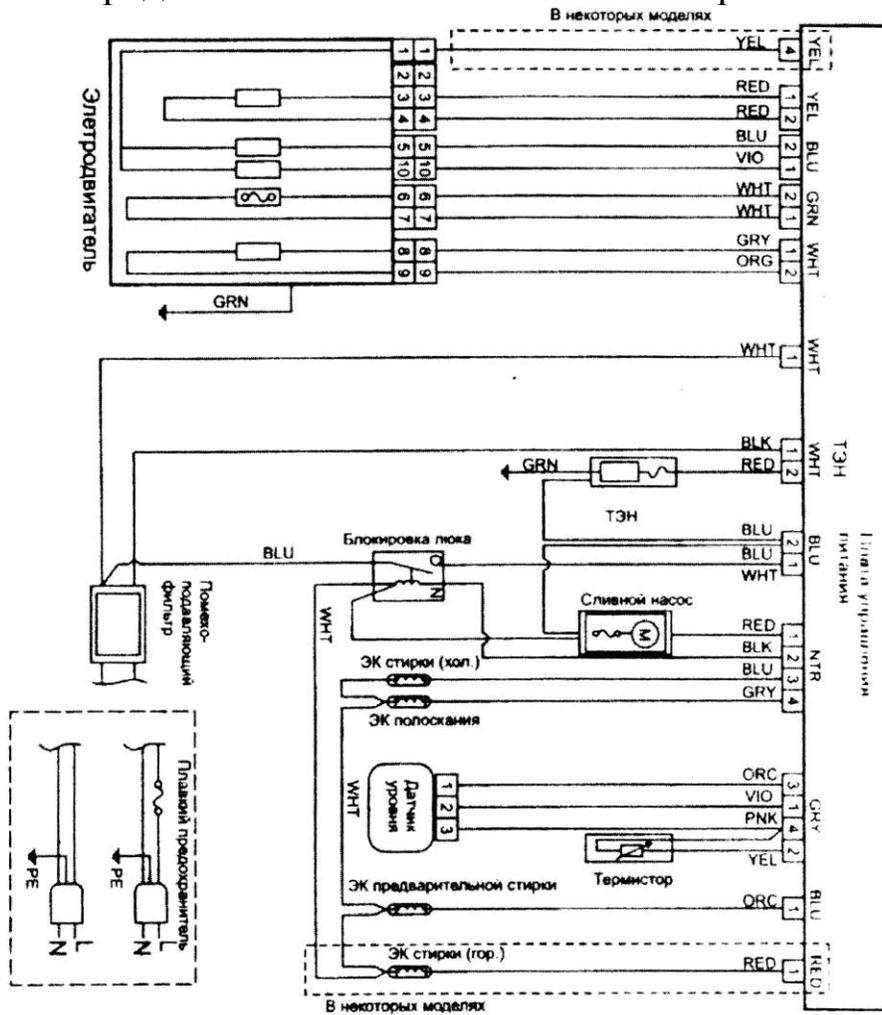


Рис. 4.3 Монтажная схема стиральной машины *Samsung SI021*

Кнопки управления стиральной машиной поле индикаторов вынесены на переднюю панель, которая представлена на рис. 4.4.

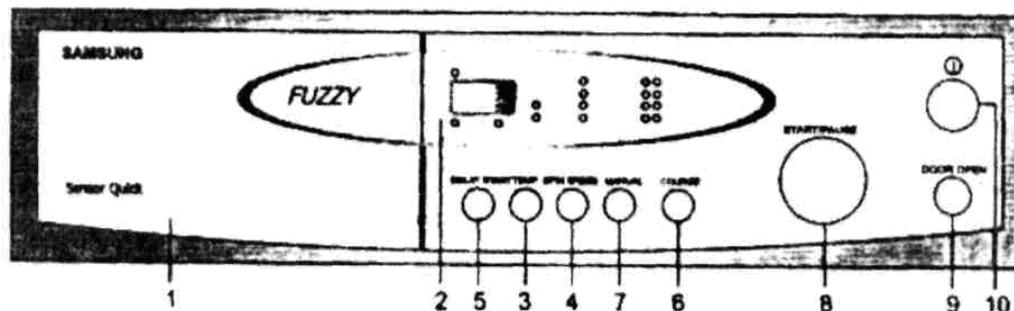


Рис.4.4 Панель управления стиральной машиной *Samsung S1021*

Элементы панели управления приняты следующие назначения:

1. Бункер распределения моющих средств.  
2. Поле индикаторов. На нем расположены индикаторы выбранных режимов работы машины.

3. Кнопка выбора температуры (*Temp.*). При ее последовательных нажатиях выбираются режимы стирки в холодной воде, при 30°C, 40°C, 60°C и 95°C.

4. Кнопка выбора скорости вращения барабана при отжиге (*Spin speed*). При ее последовательных нажатиях выбираются режимы отжима: «Без отжима», «Остановка перед отжимом», 400 об/мин, 600 об/мин, 800 об/мин и 1000 об/мин.

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

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

7. Кнопка «Ручное задание программы» (*Manual*). При ее последовательном нажатии проводятся следующие комбинации рабочих процессов машины:

(Стирка + Полоскание + Отжим) — (Предварительная стирка + Стирка + Отжим) — (Отжим) — (Полоскание три раза + Отжим).

Режим предварительной стирки применяется только для стирки хлопка, синтетических и деликатных тканей.

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

9. Кнопка открывания дверцы люка «Door Open», в некоторых моделях. Служит для открывания дверцы люка машины.

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

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

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

## 4.4 Порядок работы

4.4.1 Внимательно изучить устройство и принцип и работы стиральной машины. На задней стенке найти наклейку-вкладыш и определить основные технические параметры исследуемой машины.

4.4.2 Подключить установки к сети переменного тока ( $U = 200\text{В}$ ,  $f = 50\text{Гц}$ ).

4.4.3 Нажать кнопку включения/выключения машины на панели управления. Выставить необходимый режим работы машины, используя кнопки "режим", "температура", "отжим".

4.4.4 Нажать кнопку "старт/пауза", в результате чего включится клапан набора воды.

4.4.5 Сымитировать наполнение бака стиральной машины водой, для чего в отверстие трубки, соединенной с реле уровня воды вставить шприц и плавно ввести поршень шприца на 1,5-2 мл. Через 3-4 секунды включится питание электродвигателя стиральной машины и барабан начнет вращение.

4.4.6 Затем нажать кнопку "старт/пауза" и, с помощью кнопок меню на панели управления, установить режим отжима с частотой вращения барабана равной  $n = 600$  об/мин.

4.4.7 Нажать кнопку "старт/пауза", в результате чего включится откачивающая электромагнитная помпа. Возвратить поршень шприца в исходное положение, сымитировав тем самым слив воды. Затем начнется вращение барабана сначала в режиме укладки белья с последующим выходом на заданный уровень частоты вращения. При этом электромагнитная помпа не прекращает своей работы на протяжении всего процесса отжима, обеспечивая тем самым слив отжимаемой воды.

4.4.8 Нажать кнопку "старт/пауза", затем кнопку "стоп".

4.4.9 Отключить установку от электропитания. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Содержание отчета**

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения о новейших технологиях применяемых в конструкциях стиральных машин. Записать технические характеристики и изобразить устройство изучаемой установки. Описать принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Ответить на контрольные вопросы.

### **Требования по технике безопасности**

Ввиду того, что стенд работает от сети высокого напряжения **запрещается:**

- прикасаться к незащищенным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;
- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;

- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.

#### **4.5 Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены стиральные машины-автоматы?
2. Что такое система «тройного водопада»?
3. Рассказать об устройстве и принципе работы стиральной машины *Samsung S1021* ?
4. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным системам?
5. Какие особенности имеет система управления стиральной машины *Samsung S1021*?
6. Какие сенсорные датчики используются в данной стиральной машине?

#### **Библиографический список:**

1. Гусев В.Н., Гусев Ю.М. "Электроника", Москва, "Высшая школа" , 1991г
2. Воротников С.А. Информационные устройства и системы. Ч. I и II: Учебные пособия. М.: МВТУ, 1995. – 64 с. 1996. – 76 с.
3. Караваева Г. Выбираем стиральную машину/ журнал «Обустройство & ремонт» № 4 за 2004г.
4. Шишмарёв В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
5. Яцун, С. Ф. Проектирование бытовых мехатронных систем : учебное пособие / С. Ф. Яцун, П. А. Безмен ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 112 с. : ил. - Б. ц. - Текст : непосредственный.
6. Яцун, С. Ф. Применение мехатронных систем [Текст]: учебно-практическое пособие / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын; Юго-Западный государственный университет. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178 с.

## **5 Лабораторная работа №5** **«ПОСУДОМОЕЧНАЯ МАШИНА ELENBERG DW-9001»**

**Цель работы:** изучение конструкции и принципов действия современных бытовых посудомоечных машин.

### **Введение**

Основное предназначение посудомоечной машины – облегчение домашней работы. При мытье посуды вручную в семье из 4-х человек расходуется в среднем до 80 литров горячей воды. Посудомоечная машина при том же объеме посуды потребляет 15 - 18 литров воды. Поэтому семья из четырех человек, используя "посудомойку", может сэкономить в год свыше 200 часов, затрачиваемых на мытье посуды, а также 7800 л воды. В обычном режиме машина справится с грязными тарелками за 45-65 минут, в зависимости от заданной температуры.

При машинной мойке посуды достигается более лучший результат с точки зрения гигиены. Так как максимально допустимая температура при ручной мойке составляет всего 45°C, в то время как в посудомоечных машинах - 65 - 70°C (известно, что болезнетворные бактерии погибают именно при данных высоких температурах).

Машинка полностью избавляет от контакта с хлоросодержащими и щелочными моющими средствами.

Для мытья посуды различают четыре основные программы: замачивание, мытье, интенсивное мытье и деликатное мытье. Управление современной посудомоечной машиной заключается лишь в нажатии одной или двух кнопок. Некоторые машины сушат посуду. Время работы различных программ варьируется от 40 до 120 минут.

Соль - обязательный атрибут при пользовании посудомоечной машиной. Ее засыпают в специальную емкость, и машина расходует ее самостоятельно, соотносясь с установками о жесткости воды. Внешний вид посудомоечных машин почти одинаков, разница в размерах, вместимости и конструктивных особенностях корзин, поддонов и других приспособлений. Полностью загруженная машина максимально эффективно тратит и моющее средство, и электроэнергию, и воду.

## 5.1 Общие сведения

Объектом исследования в данной лабораторной работе выступает бытовая посудомоечная машина *Elenberg* (см. рис. 5.1). Как и все бытовые устройства данная стиральная машина подлежит классификации в соответствии со стандартами Европейского союза. Характеристики класса мытья, сушки и энергопотребления обозначаются латинскими буквами от «А» до «G», где А – самый высокий. По показателю энергопотребления производители предлагают модели трех классов: А, В и С. Четыре других – D, E, F и G – признаны неэкономичными и запрещены к производству и импорту в страны Европейского союза. Самые экономичные потребляют от 14 до 16 литров за цикл, самые неэкономичные – до 26. Посудомоечные машины обычно имеют 3-4 основные программы и целый ряд дополнительных функций. В число наиболее часто используемых режимов входят повседневное мытьё (для средне загрязненной посуды), интенсивное (эффективно отчищает грязные тарелки и приборы, кастрюли и сковороды), предварительное замачивание (используется, когда на посуде есть остатки засохшей пищи), экономичное (легкий укороченный цикл при 45-55 градусах для мытья тарелок, кружек, тонкого стекла) и быстрое (для малозагрязненной посуды). Сколько посуды может вымыть машина? Единицей измерения здесь служит так называемый стандартный набор посуды, состав которого закреплен международными стандартами. Полноразмерные посудомоечные машины размером 60x60 см обычно вмещают 12—14 стандартных комплектов, узкие машины, шириной 45 см — 8—9 комплектов. Компактные машины, размещаемые в тумбе кухонного стола или прямо на нем, рассчитаны на 4 стандартных комплекта.



Рис. 5.1 Посудомоечная машина *Elenberg* (общий вид)

## 5.1 Технические данные

Бытовая посудомоечная машина *Elenberg DW-9001* предназначена для мытья посуды, противней, емкостей для консервирования, платформ люстр, терок и многого другого. Машина полностью избавляет человека от контакта с хлоросодержащими и щелочными моющими средствами. Для мытья посуды различают четыре основные программы: замачивание, мытье, интенсивное мытье и деликатное мытье. Цикл мойки и интенсивной мойки может нагревать воду до 75°C и повторять процесс "мытьё-ополаскивание" несколько раз. При деликатной мойке вода нагревается до 35-50°C (рекомендуется для тонкостенных стеклянных бокалов и особо ценных сервизов).

Таблица 5.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Потребляемая мощность, Вт	880
Класс энергопотребления	В
Расход воды за цикл, л	13
Класс сушки	В
Класс мойки	В
Тип сушки	кондиционная
Количество программ	7
Устройство смягчения воды	есть
Выбор времени завершения программы	есть
Габаритные размеры, мм	
- высота	850
- ширина	450
- глубина	580
Масса, кг	35

## 5.2 Устройство посудомоечной машины *Elenberg DW-9001*

На рис. 5.2 представлено устройство посудомоечной машины *Elenberg*.

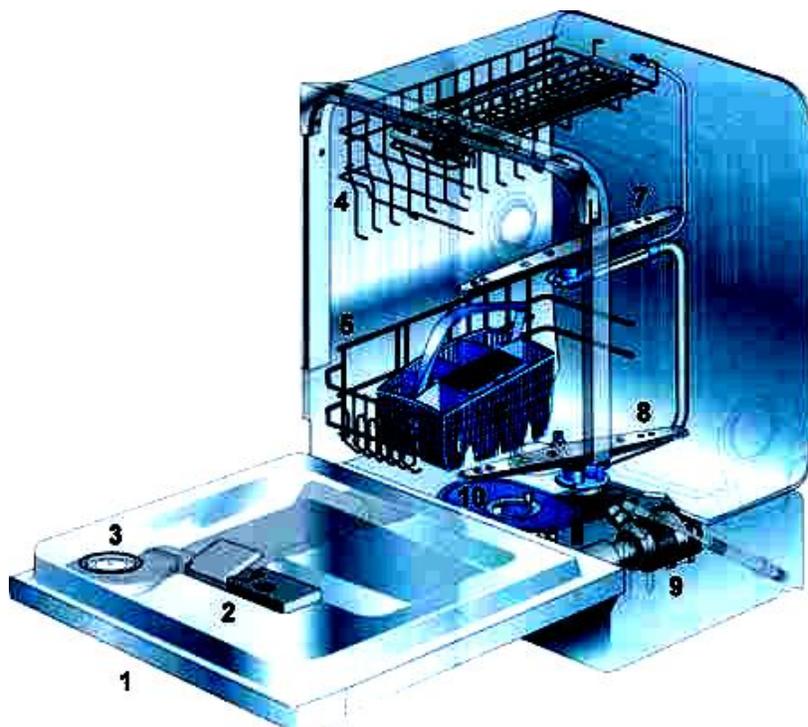


Рис. 5.2 Посудомоечная машина *Elenberg*:

1 — передняя стенка (открыта), 2 — дозатор, 3 — воздушный тракт системы сушки, 4 — верхняя корзина, 5 — нижняя корзина, 6 — корзинка для столовых приборов, 7 — верхнее коромысло, 8 — нижнее коромысло, 9 — нагнетательный насос, 10 — фильтр

На внутренней стороне откинутой стенки расположен дозатор 2, в отсеки которого перед мойкой помещают моющее средство и ополаскиватель посуды. Внутри стенки проходит воздушный тракт 3 системы сушки посуды. Вся внутренняя поверхность стенки, а также основной полости машины покрыта нержавеющей сталью, стойкой к воздействию высоких температур и активных химических средств.

Кроме того, стенка снабжена эффективной тепло- и звукоизоляцией. Посуда помещается в верхнюю 4 и нижнюю 5

корзины, которые выдвигаются из машины наружу. Для мелких столовых приборов есть отдельная небольшая корзинка 6. Во время работы машины посуда орошается водой, бьющей из сопел верхнего 7 и нижнего 8 вращающихся коромысел. Коромысла вращаются без мотора — их приводит в движение реактивная сила истекающей из сопел воды.

Для нагнетания воды к коромыслам под днищем полости имеется мощный нагнетательный насос 9. Остатки пищи, смытые с посуды, оседают на поверхности фильтра 10. Фильтр и другие «нижние» элементы посудомоечной машины показаны на рис. 5.3. Здесь также находится ТЭН — электрический нагреватель воды, так как машина подключается к холодной воде и сама подогревает ее в соответствии с заданной программой работы. В современных машинах все чаще используется короткий проточный ТЭН, скрытый под дном полости.



Рис. 5.3 Элементы посудомоечной машины:  
1 — нижнее коромысло, 2 — фильтр, 3 — термoeлектрический  
нагревательный элемент (ТЭН)

Кроме того, на дне находится емкость для соли, которую также нужно периодически досыпать в машину, так как это один из элементов системы смягчения воды, используемой для мытья посуды. (Моющее средство в жесткой воде работает неэффективно, а при высыхании такой воды на посуде остаются белесые разводы — нерастворимые соли кальция ( $Ca$ ) и магния ( $Mg$ ), а на ТЭНе образуется накипь из тех же солей, преждевременно выводя его из строя.)

Смягчение воды производится при помощи встроенного в посудомоечную машину ионообменника, наполненного материалом в виде небольших гранул из специальной смолы (леватита). Смола обеспечивает обмен поступающих с водой ионов кальция и магния на ионы натрия, содержащиеся в гранулах смолы. Чтобы ионообменник работал, он предварительно должен быть насыщен ионами натрия из концентрированного раствора соли ( $NaCl$ ). А после того, как ионообменник обменял большое содержащихся в жесткой воде ионов кальция  $Ca^{++}$  на ионы натрия  $Na^{+}$ , он нуждается в регенерации чтобы его снова можно было использовать при следующей мойке посуды. Для работы системы регенерации ионообменной смолы машине нужна соль содержащая натрий. Регенерация происходит при последнем полоскании посуды. Насыщенный соляной раствор впрыскивается в ионообменник и остается в нем примерно на 15 минут: за это время гранулы смолы избавляются от ионов кальция и насыщаются ионами натрия. После этого через ионообменник пропускается примерно три литра воды, которая смывает остатки солей кальция в канализацию.

Кнопки управления стиральной машиной поле индикаторов вынесены на переднюю панель, которая представлена на рис. 5.4.

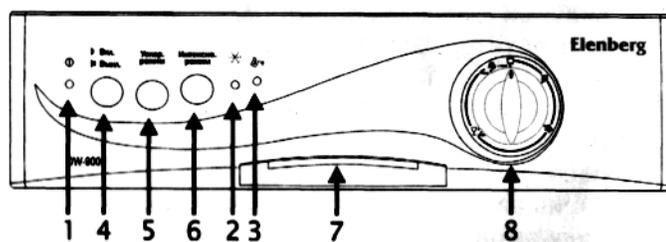


Рис. 5.4 Панель управления посудомоечной машины *Elenberg DW-9001*: 1 - индикатор включения машины, 2 – предупредительная лампа (добавить ополаскиватель), 3 – предупредительная лампа (добавить смягчитель воды), 4 – кнопка «Вкл./Выкл.» устройства, 5 – кнопка «Ускорн. режим», 6 – кнопка «Интенсив. режим», 7 – ручка двери, 8 - ручка выбора программ

Кнопки управления циклами мойки:

- Кнопка «Плюс» 6 (см. рис. 5.4) используется с нормальным циклом в случае, когда нужно отмыть засохшие остатки пищи с посуды. Не рекомендуется для тонких предметов, т.к. высокая температура может сделать их поверхности непрозрачными или осветить цвета.

- Кнопка ускорения 5 (см. рис. 5.4), используется с циклом "Стекло", снижает температуру цикла до 50<sup>0</sup>С и устраняет фазу сушки.

Защита от переполнения. Данная посудомоечная машина оборудована защитой от перелива, которая может автоматически перекрыть впускной клапан и начать откачивать воду в случае перелива.

Регулировка диспенсера для ополаскивателя. Определенное количество ополаскивающей жидкости используется во время последнего полоскания. Как и в случае с моющим средством, количество средства для полоскания зависит от жесткости воды. У диспенсера есть 6 положений (см. рис. 5.5), соответствующие жесткости воды по мере увеличения.

Программа	Цикл	Назначение цикла	Описание цикла	Моющее средство пред./основное	Ополаскиватель
Нормальная	нормальная 	Для средне загрязненной посуды, такой как кастрюли, тарелки, стаканы и прочее.	Пре-полоскание Пре-полоскание Мойка (52 °C) Полоскание (70 °C) Сушка	5/22 гр.	★
Интенсивная	нормальная 	Для самой грязной посуды, такой как кастрюли, сотейники, и тарелки с присохшей пищей.	Пре-полоскание Пре-полоскание (52 °C) Мойка (60 °C) Полоскание Полоскание (70 °C) Сушка	5/22 гр.	★
Экономная	легкая 	Для слегка загрязненной посуды, такой как тарелки, стаканы, миски с слегка грязные кастрюли.	Мойка (52 °C) Полоскание (70 °C) Сушка	22 гр.	★
Полоскание	полоскание 	Для посуды которую надо только прополоскать и высушить.	Полоскание (70 °C) Сушка		★
Стекло	стекло 	Для слегка загрязненной посуды, такой как стаканы, хрусталь и фарфор.	Мойка (52 °C) Полоскание (62 °C) Сушка	15 гр.	
Быстрая	стекло 	Для слегка загрязненной посуды, такой как стаканы, хрусталь и фарфор, которой не нужна сушка.	Мойка (52 °C) Полоскание	15 гр.	
Замачивание	замачивание 	Для замачивания посуды, которую Вы планируете вымыть позднее.	Пре-полоскание		



Рис. 5.5 Регулировка диспенсера ополаскивателя и рекомендации выбора рабочей программы мойки

На диспенсере есть указатель уровня жидкости. Чем меньше остается жидкости, тем меньше становится размер точки на указателе. Нельзя допускать уровня, меньше чем  $1/4$  full.

По мере расхода средства для полоскания, размер черной точки на указателе меняется в соответствии с иллюстрацией:

- Полный
- $3/4$
- $1/2$
- $1/4$  - Нужно заправить
- Пустой

## 5.4 Порядок работы

Запуск цикла мойки:

5.4.1. Включить устройство в электросеть ( $U = 200В$ ,  $f = 50Гц$ ).

5.4.2. Убедитесь, что кран подачи воды полностью открыт.

5.4.3. Загрузите посуду.

5.4.4. Заправьте средства для мойки и ополаскиватель.

5.4.5. Поверните ручку, расположенную на панели управления, по часовой стрелке до символа желаемого цикла (см. приложение «Таблица рабочих циклов»).

5.4.6. Нажмите кнопку «Вкл./Выкл.», загорится индикатор. С этого момента начнется выполнение заданного цикла.

Предупреждение: Уже запущенный цикл может быть изменен, только если он работает совсем небольшое время. Иначе моющее средство уже может быть выпущено, и машина уже выкачала воду. Если это уже произошло, то следует перезаправить диспенсер.

Нажмите кнопку «Вкл./Выкл.», индикатор погаснет. Поверните ручку, по часовой стрелке до символа желаемого цикла (см. рис.5.5). Затем снова запустите машину, нажав кнопку «Вкл./Выкл.».

5.4.7. После окончания работы цикла, когда ручка повернется и ее отметка совпадет с положением "Стоп" цикл работы завершен. Отключите машину, нажав кнопку Вкл./ Выкл., перекройте подачу воды и откройте дверцу. Подождите несколько минут, чтобы дать посуде остыть, и после этого вынимайте все из машины.

5.4.8. Отключить установку от электропитания. Оформить отчет по лабораторной работе.

### Содержание отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения о новейших технологиях применяемых в конструкциях посудомоечных машин. Записать технические характеристики и изобразить устройство изучаемой установки. Описать принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Ответить на контрольные вопросы.

### **Требования по технике безопасности**

Ввиду того, что стенд работает от сети высокого напряжения **запрещается:**

- прикасаться к неизолированным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;
- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;
- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.

### **5.5 Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначена посудомоечная машина?
2. Какая классификация посудомоечных машин принята в странах Европейского союза?
3. Рассказать об устройстве и принципе работы посудомоечной машины *Elenberg DW-9001* ?
4. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным системам?
5. Какие особенности имеет система управления посудомоечной машиной *Elenberg DW-9001*?
6. Для чего предназначено и как работает устройство смягчения воды?

### **Библиографический список:**

1. Посудомоечная машина DW-9001. Инструкция пользователя, Шензень (Китай), «Эленберг-Лимитед», 2004. – 41 с.
2. Караваева Г. Выбираем посудомоечную машину/ журнал «Обустройство & ремонт» №8 за 2004г.
3. Шишмарёв В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.

## **6. Лабораторная работа №6 «МИКРОВОЛНОВАЯ ПЕЧЬ SANDY CMG 25 DCW»**

**Цель работы:** изучение конструкции и принципов действия современных бытовых микроволновых печей.

### **Введение**

Микроволновая печь – устройство для облегчения труда и экономии времени домашним хозяйкам при приготовлении пищи.

Процесс приготовления пищи в микроволновой печи – это электромагнитное возбуждение молекул воды, которые имеются в составе всех продуктов. При проникновении СВЧ-волн внутрь, например, куска мяса молекулы воды, содержащиеся в нем, возбуждаются, их тепловые колебания усиливаются, они начинают хаотически двигаться и сталкиваться друг с другом. Из-за этого и повышается температура внутри продукта. Принципиальное отличие процесса нагревания продукта в микроволновой печи от традиционных способов заключается в том, что при микроволновом нагреве тепло выделяется в объеме продукта, а при традиционных способах оно подводится к его поверхности и дальнейшее его распространение в продукт осуществляется путем теплопроводности. Соответственно достигаемый темп объемного нагрева продукта микроволнами оказывается значительно выше. Микроволновое излучение – это не радиоактивное излучение. Под его действием в продукте не происходит никаких химических изменений. Этот способ приготовления пищи сохраняет от 75 до 98 % содержащихся в продукте витаминов (при традиционном способе готовки сохраняется всего 35–60 % витаминов). Микроволновое или сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение — это часть спектра электромагнитных волн, лежащая между волнами, на которых работают радары, и волнами, на которых ведется телевизионное вещание. Чтобы микроволновые печи не мешали ни радарам, ни телевизионным станциям, для них выделена одна частота — 2450 МГц. Все микроволновые печи на всех кухнях мира работают именно на ней. Такой частоте соответствует длина волны излучения 12,25 см.

## 6.1 Общие сведения

Объектом исследования в данной лабораторной работе выступает бытовая микроволновая печь *Candy - CMG 25 DCW* (см. рис. 6.1).

Нагрев пищи в микроволновой СВЧ-печи происходит следующим образом. Многие молекулы, входящие в состав пищевых продуктов (и прежде всего молекулы воды), обладают полярностью: на одном конце такой молекулы имеется положительный электрический заряд, на другом — отрицательный. Когда пища лежит на столе, молекулы совершают хаотические тепловые колебания. Если бы, поместив продукты в печь, мы создали в ее полости постоянное электрическое поле, то все молекулы вытянулись бы в нем «по струнке», «плюсом» — к отрицательному электроду, «минусом» — к положительному. Но электромагнитное поле в СВЧ-печи не постоянное, а, наоборот, весьма переменное: его полярность меняется 4900 миллионов раз в секунду. В результате молекулы воды и других органических веществ «кувыркаются» с огромной скоростью. Быстрые «кувыркания» молекул приводят к разогреву пищи. Правда, разогрев этот происходит только в относительно тонком (1—3 см) поверхностном слое продуктов. Дальше микроволны не проникают, и тепло может дойти до глубины куска мяса только за счет его естественной теплопроводности.

Разные вещества по-разному пропускают микроволны. Металл отражает излучение, стекло, фарфор, бумага и картон пропускают его, пищевые продукты — поглощают. Поэтому для приготовления пищи в микроволновке металлическая посуда не годится.



Рис.6.1. Микроволновая печь *Candy - CMG 25 DCW*

## 6.2 Технические данные

Микроволновая печь *Candy - CMG 25 DCW* предназначена для подогрева и приготовления пищи, а также для разморозки замороженных продуктов.

Данное изделие является оборудованием Группы 2 Класса В ISM (промышленное, научное, и медицинское оборудование). В Группу 2 входит все оборудование ISM, которое преднамеренно генерирует и/или использует электромагнитное излучение для обработки материалов, а также оборудование для электроэрозионной обработки. Оборудование Класса В – это оборудование, которое может использоваться для бытовых применений и применений с подключением к электросети низкого напряжения, которое используется в жилых домах.

Таблица 6.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Потребляемая мощность, Вт	1200
Номинальная выходная мощность, Вт	900
Частота микроволнового излучения, МГц	2450
Уровни мощности	5
Предустановленные рецепты	6
Внутренний объем микроволновой печи, л	17
Однородность приготовления пищи	система поворотного стола
Габаритные размеры, мм	
- высота	
- ширина	215
- глубина	330
Масса, кг	346
	6.1

### 6.3 Устройство микроволновой печи Candy - CMG 25 DCW

На рис. 2 представлено устройство микроволновой печи Candy.

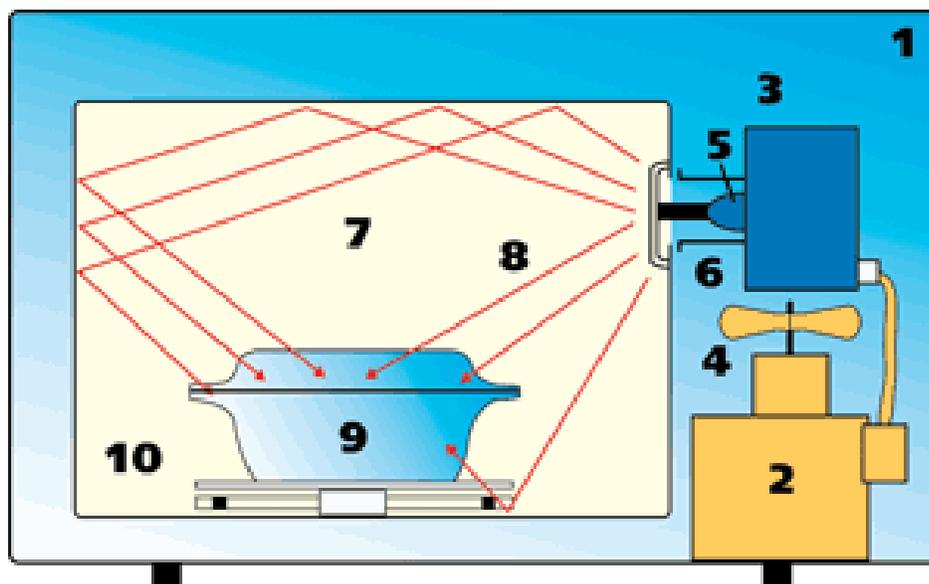


Рис. 6.2 Микроволновая печь Candy:

- 1 — корпус, 2 — высоковольтный трансформатор,  
 3 — магнетрон, 4 — вентилятор, 5 — антенна,  
 6 — волновод, 7 — полость печи, 8 — микроволны,  
 9 — посуда, 10 — вращающийся стол

В корпусе 1 находится высоковольтный трансформатор 2 и магнетрон 3. Вентилятор 4 служит для отвода тепла, выделяющегося при работе магнетрона. Микроволны, излучаемые антенной 5 магнетрона, по специальному каналу — волноводу 6 поступают в полость 7 печи. Стенки волновода и полости сделаны из металла, отражающего микроволны 8. Многократно отразившись от стенок полости, микроволновое излучение попадает на посуду 9 с пищевыми продуктами, установленную на вращающемся столе 10. Благодаря вращению стола пища равномерно прогревается потоком микроволн.

Магнетрон внешне представляет собой небольшую металлическую коробочку с надписью «Осторожно! Высокое напряжение», что указывает на то, что для того, чтобы нить накала

магнетрона «зажглась» и начала испускать электроны, к ней нужно подать напряжение 3—4 кВ. Для создания такого напряжения используется специальный высоковольтный трансформатор

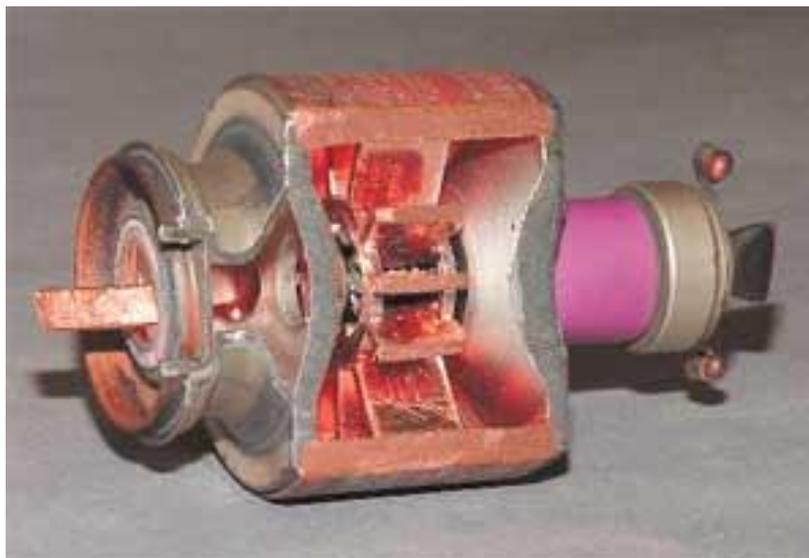


Рис. 6.3 Магнетрон

Микроволновый нагрев продуктов может производиться на разных уровнях мощности — от слабого, применяемого при размораживании пищи, до полной мощности (800—1000 Вт). Регулирование мощности в классической СВЧ-печи производится путем периодического отключения магнетрона, поскольку этот прибор не может «греть вполнакала». Если используется микроволновый нагрев на мощности, составляющей лишь четверть от максимальной (например, на 200 Вт при максимальной мощности печи 800 Вт), значит, магнетрон работает 6 секунд, затем 15 секунд «отдыхает» и т.д. В процессе работы печи можно услышать щелчки (в особенности на режиме размораживания). Это нормально и происходит во время изменения мощности излучения.

Конструкцией микроволновой печи предусмотрен охлаждающий вентилятор, и, чтобы его работа была эффективной, необходимо

оставлять зазор для отвода нагретого воздуха и притока холодного минимум 10 см пространства сзади и с боков печи и 20 см сверху.

Кнопки управления микроволновой печи и поле индикаторов вынесены на переднюю панель, которая представлена на рис.6.4.

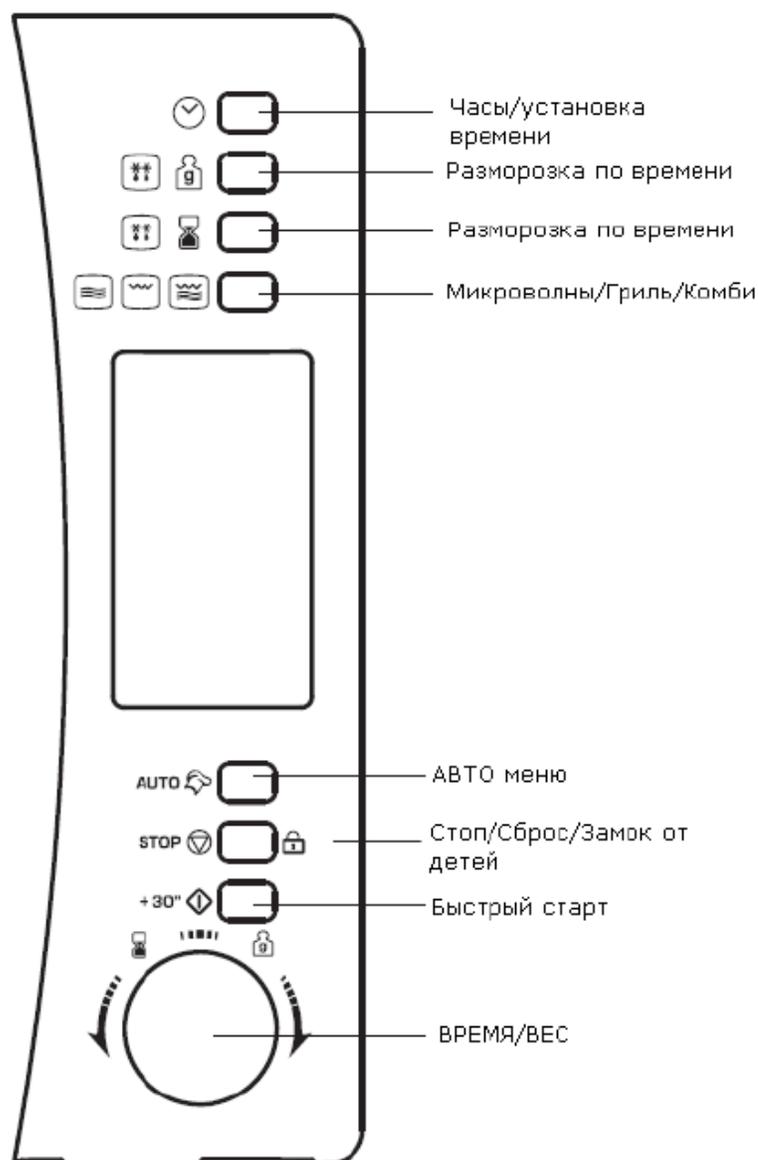


Рис. 6.4 Панель управления микроволновой печи Candy - CMG 25 DCW

Для приготовления пищи в микроволнах необходимо установить необходимую мощность микроволнового излучения и время приготовления. Для данной модели микроволновой печи предусмотрено 5 различных уровней мощности (см. таблицу 6.1). Максимальное время приготовления, которое можно установить – 99 минут и 99 секунд. Последовательно нажимая кнопку "Уровень мощности" выбирается нужная мощность приготовления.

Таблица 6.1

Число нажатий кнопки	Уровень мощности (% от максимальной)	Показания дисплея	Применение
Один раз	100%		Разогрев пищи, кипячение воды, приготовление овощей и птицы
Два раза	80%		Приготовление риса, рыбы и морепродуктов, печенья, мяса
Три раза	50%		Молоко, пирожные, тушение
Четыре раза	30%		Размораживание
Пять раз	10%		Сохранение пищи в теплом виде, умягчение мороженого

Для данной модели микроволновой печи предусмотрены следующие функции индикации информации:

1 - Если в процессе приготовления нажать кнопку "Уровень мощности", то в течение 3 секунд на дисплее будет отображаться текущая мощность микроволн. По истечении 3 секунд индикатор вернется к отображению предыдущего состояния;

2 - В процессе программирования можно узнать время отложенного запуска, если нажать кнопку "Часы/Установка". Это время будет отображаться в течение 3 секунд на мигающем дисплее, после чего дисплей вернется к отображению текущего времени.

Защитная функция продленной работы вентилятора:

Если время приготовления больше или равно 5 минутам, то по окончании приготовления, отключатся микроволны, в то время как вентилятор продолжит свою работу еще в течение 15 секунд.

### Функция блокировки печки от детей

Для этого необходимо нажать и удерживать кнопку "СТОП" в течение 3 секунд, пока не прозвучит длинный звуковой сигнал, информирующий о том, что печка заблокирована. На индикаторе появится: "&". Для обратной операции необходимо нажать и удерживать кнопку "СТОП" в течение 3 секунд, пока не прозвучит длинный звуковой сигнал, информирующий о том, что печка разблокирована.

Функция автоматического отключения внутреннего освещения - если дверца печки открыта, то у нее включается лампочка внутреннего освещения. Она отключится автоматически через 10 минут, если не производить никаких действий с печкой.

Сигнализация окончания приготовления - по окончании программы приготовления прозвучит пятикратный звуковой сигнал, извещающий об окончании.

Индикация на дисплее:

В состоянии ожидания дисплей показывает текущее время и мигающий символ ":".

В режиме программирования дисплей показывает соответствующие установки.

В процессе приготовления и в режиме приостановки программы дисплей отображает время, оставшееся до окончания приготовления.

В процессе приготовления и в режиме приостановки программы или если открыта дверца на дисплее мигает индикатор "Micro" и индикатор продолжения работы.

При приготовлении в микроволновой печи микроволны должны проникать сквозь пищу без отражения или поглощения их используемой посудой. Если посуда имеет маркировку "для использования в микроволновых печах" – пользователю можно не беспокоиться. Проверить посуду на пригодность к использованию в микроволновых печах следующим образом. Поместите эту посуду с 300 мл воды в печку и включите ее на максимальную мощность на 1 минуту. Посуда, пригодная к использованию, останется холодной, в то время как вода в ней согреется.

## 6.4 Порядок работы

Приготовление в микроволнах:

1. Включить устройство в электросеть ( $U = 200В$ ,  $f = 50Гц$ ).
2. Установите необходимую мощность микроволнового излучения и время приготовления (см. таблицу 2). Последовательно нажимая кнопку "Уровень мощности" выберите нужную мощность.
3. Нажмите кнопку "Старт/Быстрое приготовление" чтобы включить печку, таймер начнет обратный отсчет времени.

Размораживание по весу:

1. Нажмите кнопку "Разморозка по весу".
2. Нажмите последовательно кнопки для выбора массы размораживаемого продукта.
3. Нажмите кнопку "Старт/Быстрое приготовление" чтобы начать размораживание.

Быстрое размораживание:

1. Нажмите кнопку "Быстрая разморозка".
2. Нажмите последовательно кнопки для выбора массы размораживаемого продукта.
3. Нажмите кнопку "Старт/Быстрое приготовление" чтобы начать размораживание.

Примечание: Время, необходимое для быстрого размораживания, меньше, чем для размораживания по весу для того же веса пищи.

### Содержание отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения о новейших технологиях применяемых в конструкциях микроволновых печей. Записать технические характеристики и изобразить устройство изучаемой установки. Описать принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Ответить на контрольные вопросы.

### **Требования по технике безопасности**

Ввиду того, что стенд (СВЧ-печь) работает от сети высокого напряжения **запрещается:**

- прикасаться к незащищенным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;
- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;
- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.
- эксплуатировать печь с открытой дверцей или вмешиваться в работу защитных блокировок или вставлять что-либо в отверстия защитных блокировок;

Печь создает помехи в радио и телевизионных приемниках. Слабые помехи во время работы печки могут возникать в теле и радиоприборах. Чтобы устранить проблему, установите печку вдали от этих приборов. Если помехи улавливаются микропроцессором печки, то показания ее дисплея могут сброситься. Чтобы устранить проблему, отключите печку от сети, а затем подключите к сети заново.

Не используйте никакой металлосодержащей посуды для приготовления в печке:

- Металлических контейнеров
- Столовой посуды с золотой или серебряной отделкой
- Вертелов, вилок и т.п.

Причина: Может возникнуть электрическое искрение и вывести печку из строя.

Не разогревайте в печи:

- Герметически закрытые или вакуумированные бутылки, банки, контейнеры.

- Воздухонепроницаемую пищу (например яйца, орехи в скорлупе, помидоры)

Причина: При их нагреве рост давления может привести к их взрыву.

Совет: Снимите крышки, проколите кожуру или упаковку и т.п.

Будьте особо осторожны при разогреве жидкостей и детского питания.

Всегда по окончании разогрева подождите, как минимум 20 секунд, чтобы дать температуре выровняться.

Если необходимо, перемешивайте пищу во время разогрева и Всегда перемешивайте по окончании разогрева.

Будьте осторожны когда берете контейнер руками. Вы можете получить ожог, если контейнер слишком горячий.

Чтобы предотвратить запоздалое закипание и возможность ошпариться, нужно поместить пластмассовую ложку или стеклянную палочку в напиток до разогрева, и держать ее там во время и по окончании разогрева.

Причина: Во время разогрева жидкостей момент закипания может наступить позже так, что резкое закипание может наступить уже после того, как контейнер будет извлечен из печки.

Никогда не наполняйте контейнер до краев, выбирайте контейнеры, которые в верхней части шире, чем в нижней, чтобы предотвратить “убегание” жидкости из контейнера. Бутылки с узким горлышком при перегреве также взрывоопасны.

Всегда проверяйте температуру питания или молока прежде, чем дать их детям.

Никогда не разогревайте детские бутылочки с соской, поскольку при перегреве они могут взорваться.

Не включайте печку в работу, если Вы в нее ничего не поместили.

Причина: Внутренние стенки печки могут получить повреждения.

Совет: Постоянно храните в печке стакан с водой. Вода поглотит микроволны, если Вы случайно включили незагруженную печку.

Не закрывайте задние вентиляционные отверстия тканью или бумагой.

Причина: Ткань или бумага могут воспламениться от горячего воздуха, выходящего из печки.

Всегда при извлечении блюд из печки пользуйтесь кухонными рукавицами.

Причина: Некоторая посуда поглощает микроволны, а также жар может передаваться посуде от разогретой пищи, поэтому посуда может быть горячей.

Не касайтесь нагревательных элементов или внутренних стенок печки.

Причина: Стенки могут быть достаточно горячими, чтобы об них обжечься, даже после окончания процесса приготовления. Не допускайте контакта легковоспламеняющихся материалов с внутренними поверхностями печки. Сначала дайте печке остыть.

Чтобы избежать возгорания внутри печки:

- Не оставляйте легковоспламеняющиеся предметы в печке
- Удаляйте проволочную перевязку с бумажной и пластиковой упаковки
- Не используйте печку для сушки газет
- В случае появления дыма, оставьте печку закрытой, выключите ее и отсоедините от сети.

Периодически заглядывайте в печку в процессе разогрева или приготовления пищи в одноразовых контейнерах из бумаги, пластика или других горючих материалов.

При открывании дверцы стойте на расстоянии вытянутой руки от печки.

Причина: Можно обжечься горячим воздухом или паром выходящим из печки.

Если Вы включили в работу пустую печку, печка автоматически отключится в целях безопасности. Снова включить печку в работу будет возможно только по истечении 30 минут.

## Материалы, которые можно использовать в микроволновых печах

Материал	Примечания
Алюминиевая фольга	Только как экранирующий материал. Чтобы не перегреть тонкие ломти мяса или птицы, используйте небольшие гладкие листочки фольги. Если фольга будет находиться слишком близко к стенкам печки, то может возникнуть искрение. Фольга должна находиться на расстоянии не менее 2,5 см от стенок печки.
Фарфор и керамика	Фарфор, керамика, глазурованная керамика обычно пригодны для микроволновых печей, если не имеют металлической отделки.
Столовая посуда	Только если посуда пригодна для использования в микроволновых печах. Следуйте инструкциям ее производителя. Не используйте треснутой и выщербленной посуды.
Стекланные банки	Всегда снимайте крышку. Используйте только для легкого разогрева пищи. Большинство стеклянных банок изготовлены не из жаропрочного стекла, поэтому могут лопнуть.
Стекланная посуда	Только изготовленная из жаропрочного стекла. Убедитесь в отсутствии металлической отделки. Не используйте треснутой и выщербленной посуды.
Мешки для приготовления пищи в печах	Следуйте инструкциям производителя. Не перетягивайте мешки металлической проволокой. Предварительно прокалывайте их для выпуска пара во время приготовления.
Бумажные тарелки	Используйте только тарелки, пригодные для микроволновых печей, и только для легкого разогрева пищи. Не оставляйте печку без присмотра во время приготовления.
Бумажные салфетки	Используйте только салфетки, пригодные для микроволновых печей, и только чтобы прикрыть разогреваемую пищу и поглотить из нее излишний жир. Используйте только под присмотром и только для легкого разогрева пищи.
Пергамент	Используйте как оберточный материал, предотвращающий разбрызгивание, или для приготовления на пару.
Пластиковые контейнеры	Используйте только контейнеры, пригодные для микроволновых печей. Следуйте инструкциям их производителя. Контейнеры должны быть маркированы "для использования в микроволновых печах". Некоторые пластиковые контейнеры размягчаются от разогретой пищи. Мешки для приготовления на пару и плотно закрытые пластиковые мешки должны быть предварительно проколоты.
Пластиковая обертка	Только если обертка пригодна для использования в микроволновых печах. Используйте, чтобы не пересушить пищу. Не позволяйте пластиковой обертке находиться в непосредственном контакте с пищей.
Вощеная бумага	Используйте, чтобы предотвратить разбрызгивание жира и не пересушить пищу.

## Материалы, которые нельзя использовать в микроволновых печах

Материал	Примечания
Алюминиевые кастрюли и лотки	Может возникнуть искрение. Используйте посуду, пригодную для микроволновых печей.
Картонные коробки с металлической ручкой	Может возникнуть искрение. Используйте посуду, пригодную для микроволновых печей.
Посуда металлическая или с металлической отделкой	Металл экранирует пищу от микроволн и может вызвать искрение.
Проволочные перевязки	Может возникнуть искрение и возгорание внутри печки.
Пенопластовые контейнеры	Пенопласт может плавиться под воздействием высокой температуры и отравить содержимое контейнера.
Дерево	Дерево высыхает и может расщепиться. Избегайте использования деревянных контейнеров и посуды в микроволновой печке.

## 6.5 Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена СВЧ-печь?
2. К какому классу и к какой группе оборудования относится микроволновая печь?
3. Рассказать об устройстве и принципе работы микроволновой печи Candy - CMG 25 DCW?
4. Для чего необходим магнетрон?
5. Назовите основные технические характеристики СВЧ-печи Candy - CMG 25 DCW
6. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным системам?
7. Как проверить посуду на пригодность к использованию в СВЧ-печи?

## Библиографический список:

1. МИКРОВОЛНОВАЯ ПЕЧЬ Candy - CMG 25 DCW . Инструкция по эксплуатации, Канди элеттродоместичи бругерио (Милан), 2006. – 23 с.
2. <http://www.candy.ru/manuals.asp>.
3. Шишмарёв В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
4. Яцун, С. Ф. Применение мехатронных систем [Текст]: учебно-практическое пособие / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын; Юго-Западный государственный университет. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178 с.
5. Яцун, С. Ф. Проектирование бытовых мехатронных систем : учебное пособие / С. Ф. Яцун, П. А. Безмен ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 112 с. : ил. - Б. ц. - Текст : непосредственный.

## **7 Лабораторная работа №7 «ЭЛЕКТРОПРИВОД ОЧИСТИТЕЛЯ ВЕТРОВОГО СТЕКЛА АВТОМОБИЛЯ»**

**Цель работы:** ознакомиться с устройством и принципом работы автомобильного стеклоочистителя

### **Введение**

Элементы обеспечения обзорности с рабочего места водителя.

В течение всего процесса движения автомобиля от начала до остановки водителю необходимо получать максимум зрительной информации об окружающей обстановке для того, чтобы своевременно заметить опасность и принять меры для её ликвидации. Обеспечить выполнение этой задачи водителю во многом помогают зеркала заднего вида, система очистки наружных поверхностей стёкол от загрязнений и влаги, устройства защиты стёкол от замерзания и запотевания. Неисправности устройств обзорности с рабочего места водителя по степени опасности для движения находятся на втором месте после неисправностей тормозных систем.

Внутреннее зеркало заднего вида должно обеспечивать возможность видеть с места водителя часть плоской и горизонтальной дороги шириной 20 м, расположенную на расстоянии не более 60 м позади автомобиля и линию горизонта. Правое наружное зеркало должно обеспечивать возможность видеть, начиная с расстояния не более 30 м позади водителя, часть плоской и горизонтальной дороги шириной не менее 3,5 м и линию горизонта.

## 7.1 Общие сведения

Автомобили должны быть оснащены работоспособным стеклоочистителем, предусмотренным их конструкцией. Отказы этих устройств чаще возникают вследствие обрыва электрической цепи или неисправности электродвигателя, нарушение герметичности или кинематической связи деталей воздушного привода. Вдобавок в процессе эксплуатации необходимо поддерживать на требуемом уровне частоту перемещения щёток по мокрому стеклу (не менее 35 двойных ходов в минуту), угол размаха щётки (не менее предусмотренного заводом изготовителем), качество очистки ветрового стекла, равномерность и синхронность работы щёток, также необходимо правильно устанавливать рычаги щёток очистителя, следить за обеспечением автоматической укладки щёток в исходное положение после выключения привода. У многих стеклоочистителей в процессе эксплуатации автомобилей, перечисленные характеристики ухудшены, из-за чего нарушаются параметры обзорности, предусмотренные их конструкцией.

Совместная работа стеклоочистителя и стеклоомывателя оценивается по следующему критерию. Очистка мокрого стекла считается удовлетворительной, если щётки на минимальной скорости вытирают полностью очищаемую зону не более чем за 10 двойных ходов для автобусов и не более чем за 5 двойных ходов для автомобилей. Допускаются не вытертые зоны по краям зоны очистки, общая ширина которых не превышает 10% длины щеток.

## 7.2 Технические данные установки

Исследуемая система является электрическим приводом очистителя ветрового стекла автомобиля. Для включения системы необходимо произвести замыкание контактов на ветровом стекле для чего используется влажная токопроводящая среда - вода. При замыкании контактов на двигатель привода подается напряжение от блока питания. Вращающий момент с двигателя через редуктор и

рычажный механизм передается щетке, которая совершает качательное движение.

Таблица 7.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Напряжение питания электродвигателя, В	12-14
Максимальный эффективный момент на валу моторедуктора, Н·м	1.96
Потребляемая сила тока при моменте 0,98 Н·м, не более, А	25 2,8
Частота вращения вала моторедуктора при моменте 0,98 Н·м, не менее, мин <sup>-1</sup>	50
Потребляемая мощность, Вт	80
Передаточное отношение редуктора	51
Частота качания рычагов (двойных ходов), мин <sup>-1</sup>	
Габаритные размеры, мм	50-70
высота	
ширина	600
длина	16
Масса стенда, не более, кг	500
	6

### 7.3 Устройство привода

Установка представляет собой электрический очиститель ветрового стекла с параллельным движением щеток (см. рис. 7.1). Данная схема наиболее широко применяется в подобных системах. Преимущество данной конструкции в том, что она относительно проста и, сравнительно, дешева.

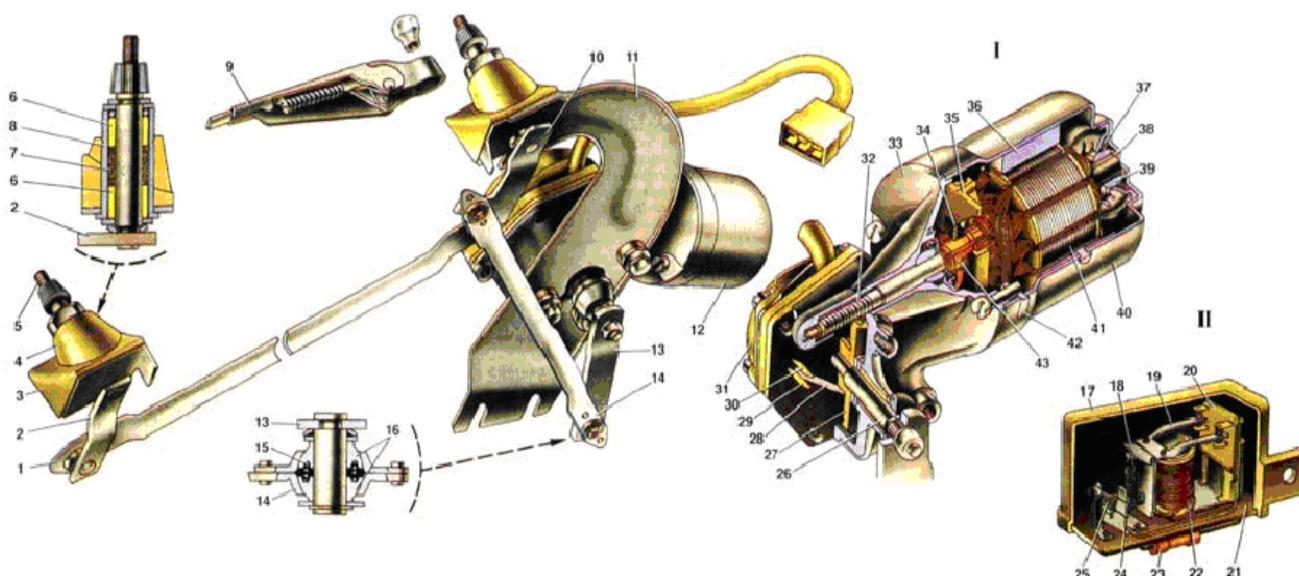


Рис. 7.1 Устройство привода очистителя ветрового стекла автомобиля

Механизм приводится в движение двигателем постоянного тока, рассчитанным на напряжение питания 14 В.

Устройство привода очистителя ветрового стекла представлено на рис.1. Привод состоит из рычажного механизма, щеток с рычагами и моторедуктора 12. Вращение кривошипа 13 тягой 14 преобразуется в качание поводков 2 и 10, связанных тягой 1. Оси поводков вращаются каждая в двух металлокерамических втулках 6, разделенных войлочной вставкой 7. Втулки и войлок пропитаны маслом. Тяги 1 и 14 соединяются с поводками и кривошипом сферическими шарнирами, в которых находятся по два полусферических

металлокерамических вкладыша 16, пропитанных маслом, которым также заполнено и пространство между вкладышами.

**Моторредуктор** состоит из электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов и червячного редуктора. Электродвигатель имеет стальной корпус 40, внутри которого пружинными держателями закреплены два постоянных магнита 36, образующие вместе с корпусом статор. Вал якоря вращается в двух металлокерамических втулках, закрепленных стальными обоймами одна в корпусе, а другая в крышке 33. Вокруг втулок помещены войлочные кольца 37, пропитанные маслом. Осевое усилие, действующее на вал якоря от червячной передачи, воспринимается текстолитовым подпятником 38, в который упирается задний конец вала. Осевой свободный ход вала регулируется подбором шайб, устанавливаемых между коллектором и передней втулкой вала якоря. Корпус электродвигателя закрывается крышкой 33, являющейся одновременно картером редуктора. Крышка отлита из алюминиевого сплава и крепится к корпусу двумя винтами. С внутренней стороны к крышке приклепан пластмассовый щеткодержатель 35 с двумя щетками, а с наружной (в картере редуктора) находится пластмассовая червячная шестерня 27 с кулачком. Шестерня напрессована на ось 26, которая вращается в металлокерамической втулке, запрессованной в крышку 33. Картер редуктора закрывается пластмассовой панелью и крышкой 31. В панели находятся контактные стойки, к которым припаиваются провода и крепится пружинная пластина 28 с контактами выключателя, обеспечивающего остановку электродвигателя в тот момент, когда щетки находятся в нижнем положении. Контакты пружинной пластины прижимаются к стойке 30, соединенной с источником питания. Когда выступ кулачка шестерни находится против пластины, он отжимает ее от стойки 30 и прижимает к стойке 29, соединенной с "массой". В очистителе устанавливается термобиметаллический предохранитель 46 многоразового действия, который защищает цепь питания обмотки якоря электродвигателя от перегрузок при заедании механизма очистителя или примерзании щеток к стеклу.

## Реле очистителя ветрового стекла

Для получения прерывистой работы очистителя применяется реле типа РС-514. Оно устанавливается под панелью приборов с левой стороны. На сердечнике в пластмассовом каркасе находится обмотка 22 с сопротивлением 66 Ом. На пластмассовой опоре 20 расположены две пары неподвижных контактов. Верхняя пара контактов является нормально замкнутой. При срабатывании реле верхняя пара контактов размыкается, а нижняя замыкается. Прерыватель состоит из биметаллической пластинки 25 с обмоткой из нихромовой проволоки.

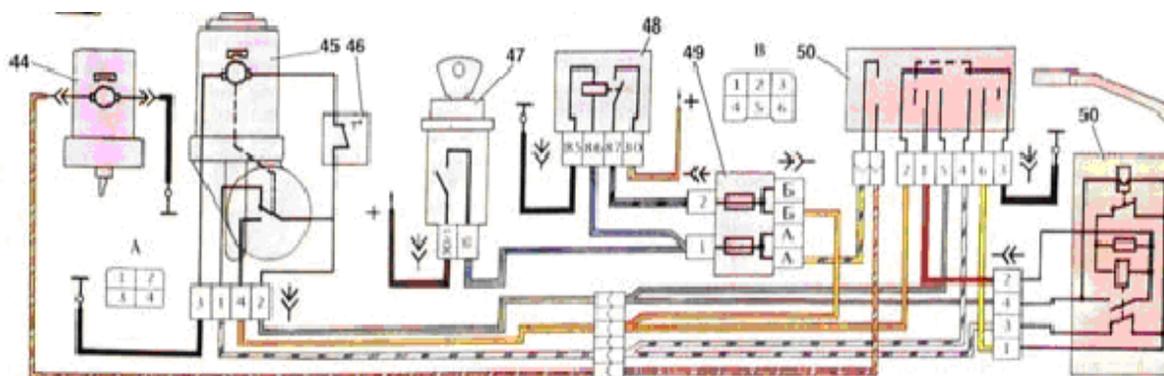


Рис.7.2 Схема включения электродвигателей очистителя и смывателя ветрового стекла

## Работа очистителя

Рычаг переключателя очистителя расположен с правой стороны рулевой колонки и имеет три положения: "выключено" (рычаг в верхнем положении), "прерывистая работа" (среднее положение рычага) и "постоянная работа" (нижнее положение рычага). Включение очистителя возможно только при включенном зажигании. Постоянная работа очистителя. При включении очистителя (когда пластина 28 замкнута с контактом 29) ток идет от источников питания по пути: зажим "30" генератора контакты "30" и "87" реле 48 зажигания штекеры "2" и "Б" блока предохранителей переключатель 50 очистителя по серому проводу до пластины 28 выключателя электродвигателя предохранитель 46 - обмотка якоря электродвигателя - "масса". Электродвигатель работает с постоянной

скоростью и щетки касаются с частотой 50-60 циклов в минуту. Прерывистая работа очистителя достигается с помощью реле РС-514, которое включается при среднем положении рычага переключателя 50. Как и в предыдущем случае ток идет от зажима "30" генератора и тем же путем течет до переключателя очистителя. Затем путь тока следующий: переключатель очистителя красный провод обмотка электромагнита реле контакты прерывателя реле - биметаллическая пластина прерывателя желтый провод переключатель очистителя "масса". Ток, протекающий по обмотке электромагнита реле, вызывает притяжение якоря к сердечнику и замыкаются нижние контакты реле (на схеме верхние), а верхние размыкаются. Через замкнутые нижние контакты реле начинает протекать ток, питающий обмотку якоря электродвигателя. Одновременно протекает ток по обмотке прерывателя реле. Этот ток разогревает обмотку прерывателя. Биметаллическая пластинка от нагревания выгибается, и контакты прерывателя размыкаются, отключая питание обмотки электромагнита. Нижние контакты реле размыкаются, а верхние (на схеме нижние) замыкаются, соединяя с "массой" контакт 29 выключателя электродвигателя. Электродвигатель останавливается. Поскольку ток теперь не протекает через обмотку прерывателя, то она остывает вместе с биметаллической пластиной. Пластина принимает прежнюю форму, и контакты прерывателя замыкаются, включая питание обмотки электромагнита. Описанный цикл повторяется вновь с частотой 9-17 раз в минуту. За время одного цикла щетки совершают один двойной ход и останавливаются в нижнем положении. Выключение очистителя происходит после перевода рычага переключателя 50 в исходное положение. В этом случае ток к обмотке якоря электродвигателя подается только от штекера "Б" блока предохранителей по оранжевому проводу через замкнутые контакты 28 и 30 концевого выключателя в электродвигателе. В тот момент, когда щетки очистителя придут в нижнее положение, выступ кулачка червячной шестерни редуктора разомкнет контакты 28 и 30 и отключит питание обмотки якоря. Якорь электродвигателя остановится и щетки очистителя останутся в нижнем положении.

## **7.4 Порядок работы**

7.4.1. Включить стенд в сеть 220В.

Стенд включается автоматически при попадании влаги на сигнализатор влаги (происходит замыкание электрической цепи) и отключается при удалении влаги.

7.4.2. Изучить устройство привода очистителя ветрового стекла автомобиля (выделить механическую, электрическую и электронные подсистемы).

7.4.3. Выключить стенд. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Содержание отчета**

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие сведения о требованиях предъявляемых к рабочим параметрам стеклоочистителей. Записать технические характеристики и схематично изобразить устройство привода стеклоочистителя. Описать конструкцию и принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Ответить на контрольные вопросы.

### **Требования по технике безопасности**

Ввиду того, что стенд работает от сети высокого напряжения **запрещается:**

- прикасаться к незащищенным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;
- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;
- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.

## 7.5 Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены стеклоочистители?
2. Назовите основные требования, предъявляемые к параметрам работы стеклоочистителей?
3. Рассказать об устройстве и принципе работы исследуемого стеклоочистителя?
4. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным системам?

### Библиографический список:

1. Игнатов А.П., Косарев С.Н., Новокшенов К.В., Пятков К.Б., Яметов В.А. Руководство по ремонту, техническому обслуживанию и эксплуатации автомобилей ВАЗ-2107, ВАЗ-21072, ВАЗ-21073-04, ВАЗ-21074. – М.: «Издательский Дом Третий Рим», 2000. – 176с.
2. Миловзоров В.П. Элементы информационных систем. – М.: Высшая школа, 1989. – 140 с.
3. Литвиненко В.В., Майструк А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. – М.: ЗАО «КЖИ За рулём», 2004. – 176 с.
4. Яцун, С. Ф. Проектирование бытовых мехатронных систем : учебное пособие / С. Ф. Яцун, П. А. Безмен ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 112 с. : ил. - Б. ц. - Текст : непосредственный.
5. Яцун, С. Ф. Применение мехатронных систем [Текст]: учебно-практическое пособие / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын; Юго-Западный государственный университет. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178 с.
6. Глазунов, В. А. Механизмы параллельной структуры и их применение: робототехнические, технологические, медицинские, обучающие системы / В. А. Глазунов ; Институт машиностроения имени А. А. Благоднарова Российской академии наук. - Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. - 1035 с. : ил. - Библиогр.: с. 986-1027. - ISBN 978-5-4344-0511-9 : 660.00 р. - Текст : непосредственный.

## **8 Лабораторная работа №8 «ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОМОБИЛЬНОГО ЛЮКА»**

**Цель работы:** ознакомиться с устройством и приобрести навыки эксплуатации электрическим приводом автомобильного люка

### **Введение**

Автомобильный люк является эффективным средством повышения комфорта и безопасности управления автомобилем. На сегодняшний день существует два типа автомобильных люков — жесткие со стеклянной панелью и мягкие со сдвижным водонепроницаемым полотном. И те, и другие выпускаются с ручным или электромеханическим приводом. Кроме того, стеклянные люки (некоторые из которых могут комплектоваться дополнительными солнцезащитными шторками) делятся на сдвижные и подъемные. Сдвижные люки не “вступают в противоречие” с багажниками, которыми пользуются многие автомобилисты. Среди недостатков следует выделить всего один - нарушение герметичности стыков люка в закрытом положении. Это самое распространенное "слабое место" не только безымянных изделий, но некоторых именитых моделей, продающихся на российском рынке. Их ассортимент представлен несколькими моделями, различающимися по размеру, плоскостям открывания (сдвижные и распашные), приводам (механический и электрический), а также наличием и конструктивным исполнением солнцезащитных шторок. Помимо этого, данные производители уделяют особое внимание материалам, из которых изготавливаются уплотнители и несущие рамки люков, что обеспечивает высокое качество их продукции. Поэтому каждый автовладелец сможет подобрать для себя люк, наиболее точно соответствующий его представлениям о комфорте, удобстве и стоимости.

## 8.1 Общие сведения

Крышки люков изготавливаются из стекла "Венус" с вплавленной керамической сеткой, задерживающей 80% света, 97% тепла и 99% ультрафиолета, не допуская перегрева салона летом и его охлаждения зимой. Высококачественная отделка наружной поверхности хорошо гармонирует с лаком крыши автомобиля и внешне не отличается от поверхности крыши серийно установленного люка. В рамке люка имеется обтекатель, благодаря которому свежий воздух поступает в салон плавно, без порывов. Ниже приведено краткое описание некоторых существующих конструкций фирмы «Вебасто».

*Top Slider Medium.* Управляется либо поворотной рукояткой, либо электромотором. Стекло электрического люка плавно открывается, поднимается и закрывается "в одно нажатие" подсвечиваемой кнопки. По желанию можно установить режим, в котором люк автоматически закрывается через 3 секунды после того, как из замка зажигания будут вынуты ключи. Если при закрытии электрического люка возникает сопротивление, закрывающий моторчик немедленно стопорится, и стекло отходит на несколько сантиметров. Модификация "Comfort" имеет также сплошную противоветровую заслонку из высококачественного тканого материала (не хлопает даже на очень высокой скорости), закрывающуюся на любую длину. Закрытая заслонка при открытом стекле не препятствует притоку воздуха, но задерживает солнечные лучи.

*Sky Top 201* - с поворотным подъёмником, позволяющим плавно изменять высоту подъёма, а значит, более точно и удобно регулировать приток свежего воздуха в машину. Возможности: травмобезопасное стекло SEKURIT, трехпозиционный подъёмный механизм с дополнительным, дотягивающим замком, мощный дюралевый каркас, съёмное стекло.

## 8.2 Технические данные установки

Исследуемая система является приводом для открывания крышки автомобильного люка. Для включения системы достаточно просто нажать на кнопку управления электромеханическим приводом чтобы открыть (закрыть) люк. Управление приводом осуществляется при помощи кнопки, клавиша которой может занимать 3 положения (закр., стоп, откр.). При нажатии на клавишу в положение закр. или откр. на двигатель привода подается напряжение из бортовой сети автомобиля (14В). Вращающий момент с двигателя через зубчатые колеса передается на выходной вал редуктора. Люк открывается (закрывается). При достижении крайнего положения система автоматически отключается.

Таблица 8.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Напряжение сети, В	220
Напряжение питания электродвигателя, В	12-14
Напряжение питания САУ	14
Потребляемый ток, А	4-6
Частота тока, Гц	50
Потребляемая мощность, Вт	25
Усилие на пластине, Н	117±5
Передаточное отношение редуктора	70
Габаритные размеры, мм	
высота	80
ширина	50
длина	120
Масса станда, не более, кг	12,2
Время перемещения пластины, с	
max	7
min	3
Уровень звукового давления, не более, дБ	40

### 8.3 Устройство привода

Устройство привода люка имеет механический привод (рис. 8.1). Данная схема наиболее широко применяется в подобных системах. Преимущество данной конструкции в том, что она относительно проста и, сравнительно, дешева.

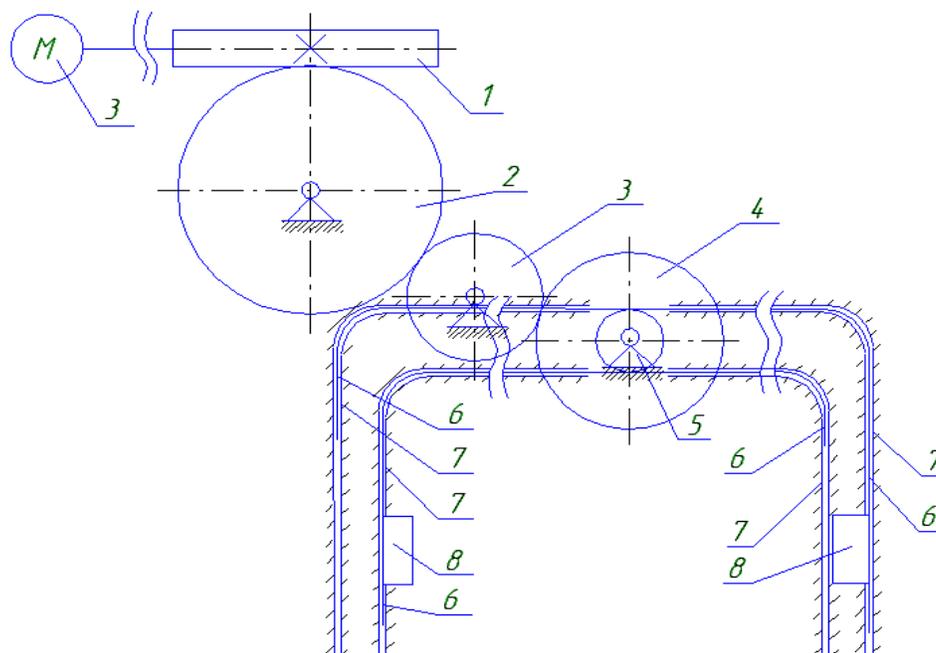


Рис. 8.1 Кинематическая схема механизма

Механизм приводится в движение двигателем постоянного тока, рассчитанным на напряжение питания 14 В.

Стенд работает от сети переменного тока напряжением 220 В. **Эксплуатация стенда при напряжении ниже 187 В и выше 242 В. категорически запрещается.**

Кинематическая схема механизма представлена на рис. 1. Вращающий момент с двигателя передается через червячную передачу и зубчатые колеса 3 и 4 на выходной вал редуктора. На выходном конце вала расположено зубчатое колесо 5, которое входит в зацепление с гибкой рейкой 6 на которой расположены планки крепления крышки люка 8. Гибкая рейка расположена в направляющих 7, которые жестко соединены с кузовом автомобиля.

Таким образом при вращательном движении вала редуктора рейка с расположенными на ней планками совершает поступательное движение. На корпусе редуктора установлен кулачковый механизм (рис.8.2), управляющий режимами работы двигателя. Вращающий момент на кулачок передается при помощи зубчатой передачи. Зубчатое колесо кулачкового механизма расположено на одной оси с колесом 4.

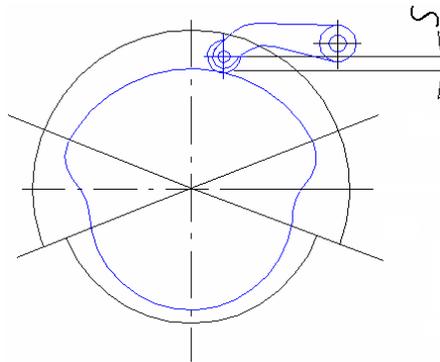


Рис. 8.2 Кулачковый механизм

Фаза дальнего стояния соответствует наибольшей скорости вращения выходного звена редуктора, а фаза ближнего стояния – наименьшей скорости (рис.8.3).

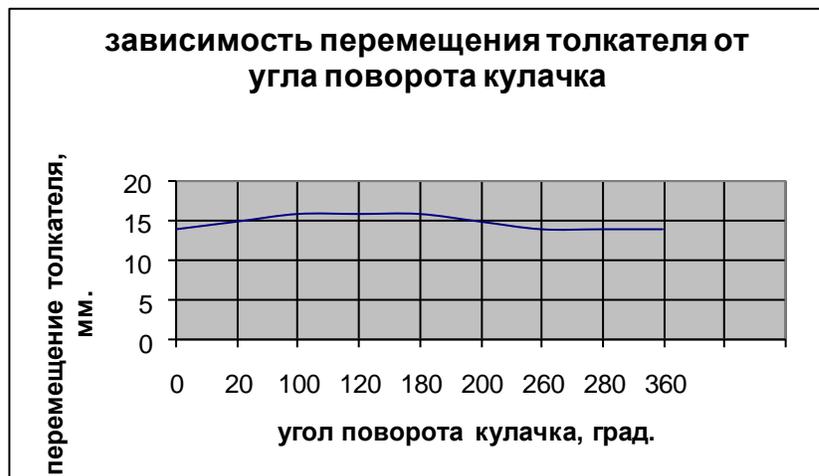


Рис. 8.3 Зависимость перемещения толкателя от угла поворота кулачка.

Принципиальная электрическая схема системы представлена на рис.8.4.

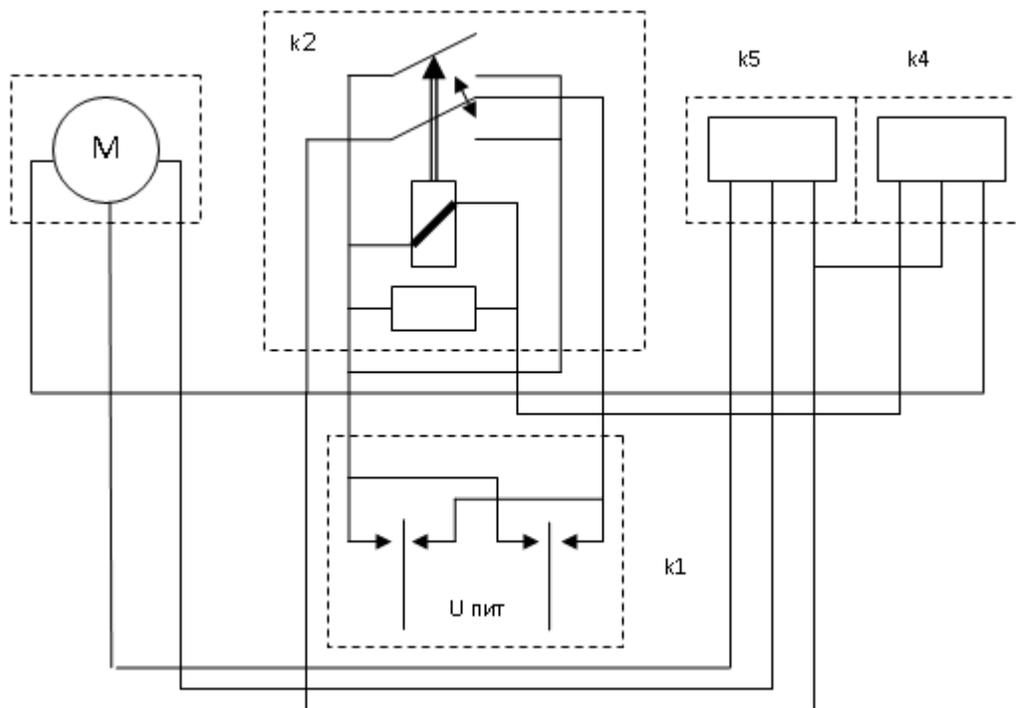


Рис. 8.4 Принципиальная электрическая схема

На рисунке приняты следующие обозначения:

М – двигатель постоянного тока;

k1 – переключатель на 3 положения;

k2 – выключатель релейного типа;

k4 – концевой выключатель (определяет крайние положения системы);

k5 – переключатель режима работы двигателя.

Принцип работы системы следующий: на переключатель k1 подается постоянное напряжение 12В из сети автомобиля. Данный переключатель, в зависимости от выбранного режима работы устройства (закр., откр.) меняет полярность питания на своих выходах, и подает напряжение на вход переключателя релейного типа (+ на вход 56b, - на вход 30). С выходов переключателя релейного типа питание подается на двигатель и на переключатель режима

работы двигателя (выход 56 – на переключатель, выход 56b – на двигатель). С переключателя режима работы двигателя питание на оставшиеся выводы двигателя (черный -, зеленый +). Режим работы двигателя зависит от угла поворота кулачка, установленного на редукторе. Когда кулачок доходит до крайнего положения – срабатывает концевой выключатель, и питание на реле не подается – система дошла до крайнего положения.

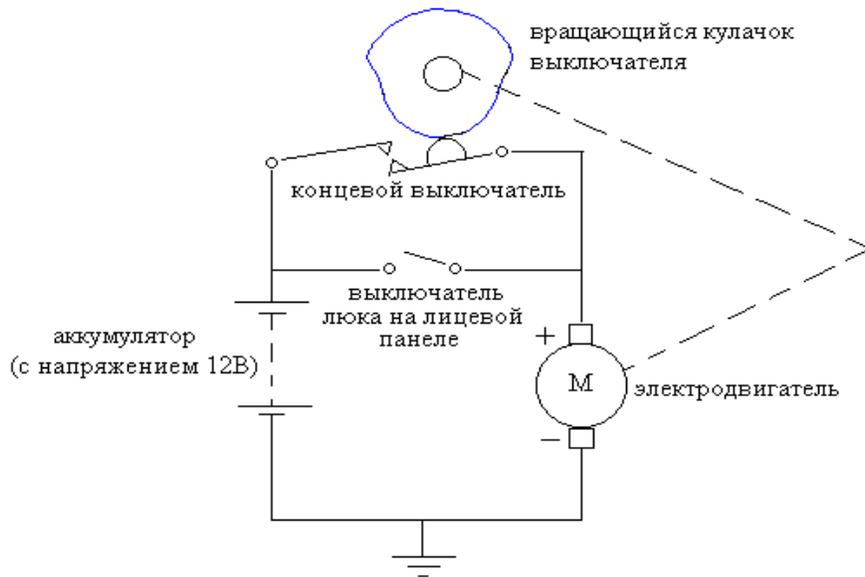


Рис. 8.5 Концевой выключатель люка (к5)

Из рисунка видно, что двигатель остается включённым до тех пор, пока рычаг люка не вернётся в исходное положение и не разомкнутся контакты концевого выключателя.

Для обеспечения парковки люка используется двухпозиционный концевой выключатель с контактами А и Б, расположенными таким образом, что толкатель кулачка сначала размыкает контакт А, затем, в течение некоторого времени оба контакта разомкнуты, затем замыкается контакт Б.

Когда водитель закрывает люк, контакты 2 и 5 соединяются между собой и ток продолжает течь через электродвигатель через замкнутый контакт А.

Когда люк приближается к парковочной позиции толкатель кулачка размыкает контакт А и электродвигатель начинает замедлять вращение. В этой фазе торможения ток через электродвигатель не течёт.

Если электродвигатель замедляется недостаточно быстро, дальнейшее вращение кулачка приведет к замыканию контакта Б. в этой фазе якорь электродвигателя резко замедляется, т.к. вращающийся в магнитном поле якорь начинает генерировать ЭДС. Поскольку якорь заземлен, эта ЭДС направлена против его вращения, что приводит к резкому замедлению вращения якоря.



Рис. 8.6 Схема двухпозиционного концевого выключателя (к4)

### Система автоматического управления

Данную систему можно рассматривать как пример САУ, т.к. число оборотов выходного звена редуктора, а, следовательно, и двигателя изменяется в зависимости от угла поворота кулачка. Об этом будет рассказано ниже. Рассмотрим данный объект как систему автоматического управления.

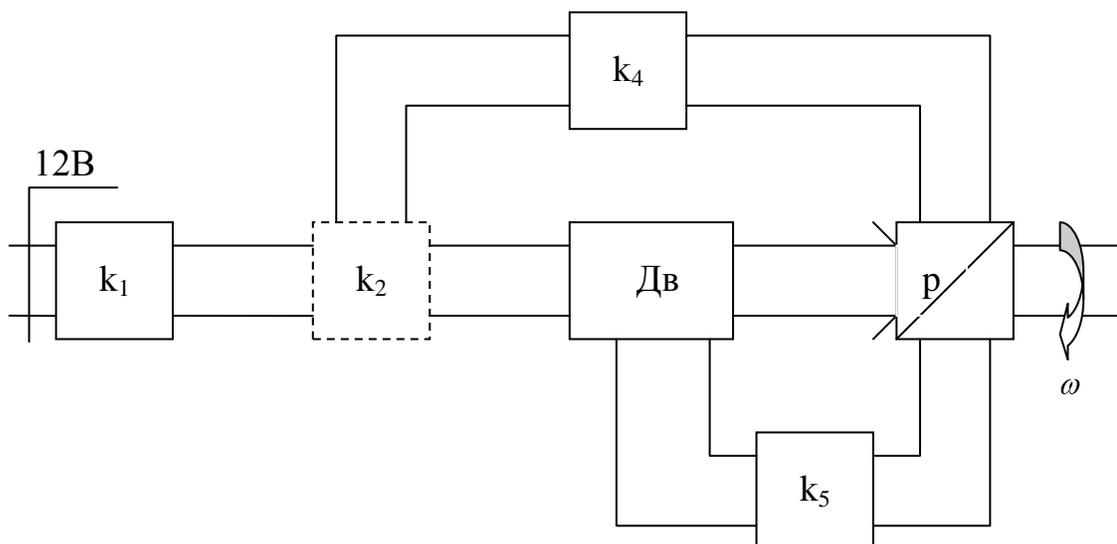


Рис. 8.7 Схема САУ:

входная величина – напряжение  $U_0$ ;

выходная величина – угловая скорость  $\omega$ .

На рис. 8.7 изображена схема следящей системы, входной величиной у которой является напряжение  $U_0$ , а выходной – угловая скорость вращения вала редуктора Р.

### Мотор-редуктор

Мотор-редуктор представляет собой жёстко соединённую пару электродвигатель – редуктор.

В системе используется стандартный электродвигатель постоянного тока, с напряжением питания 12В, соединённый с редуктором при помощи муфты. Редуктор состоит из червяка и червячного колеса. Колесо выполнено из бронзы марки БрОЦС 5-5-5. Червяк изготовлен из стали. Червячная передача используется из-за высокого передаточного отношения и большого крутящего момента.

Червяк – однозаходный;

Количество зубьев колеса – 40;

Одним из требований, предъявляемых к приводу люка, является необходимость предохранения двигателя от перегрузок, например, при примерзании стекла. Поскольку двигатель не имеет возможности вращаться, это приведёт к увеличению тока в якоре и перегреву

последнего. Иногда в качестве предохранителя используется биметаллический выключатель, срабатывающий при перегреве электромотора. При перегреве электромотора биметаллическая пластина изгибается, размыкая контакты и ток к двигателю прерывается. Когда двигатель остынет, пластина возвращается в исходное состояние и контакты вновь замыкаются. Двигатель периодически включается и выключается до тех пор, пока не будет устранена причина неполадки.

## **8.4 Порядок работы**

8.4.1 Взять стенд и установить его вертикально.

8.4.2 Включить стенд в сеть 220В.

Стенд приводится в движение одной из двух кнопок, находящихся на плате направления. Первая служит для движения вверх, вторая - вниз. Для начала движения необходимо нажать нужную кнопку и удерживать её до тех пор, пока стекло не примет требуемое положение.

8.4.3 Изучить устройство автомобильного люка (выделить механическую, электрическую и электронные подсистемы, найти элементы обратной связи).

8.4.4 Выключить стенд. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Содержание отчета**

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения о существующих конструкциях автомобильных люков. Записать технические характеристики и схематично изобразить ЭСП. Описать принцип работы, выделив отдельно электронную, механическую и электрическую подсистемы. Составить структурную схему ЭСП. Ответить на контрольные вопросы.

### **Требования по технике безопасности**

Ввиду того, что стенд работает от сети высокого напряжения запрещается:

- прикасаться к незащищенным контактам;
- включать и выключать стенд мокрыми руками;
- самостоятельно вскрывать отдельные аппаратные части стенда;
- производить ремонт стенда, подключенного к электрической сети;
- перемещать стенд, подключенный к электрической сети;
- эксплуатировать стенд в помещениях с повышенной влажностью или химически активной средой;
- одновременно прикасаться к каким-либо частям стенда и устройствам, имеющим естественное заземление.

### **8.5 Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены ЭСП?
2. Назовите основные типы конструкций автомобильных стеклоподъемников? Их преимущества и недостатки.
3. Рассказать об устройстве и принципе работы исследуемого стеклоподъемника?
4. Как работает система автоматического управления.
5. По каким признакам рассматриваемое устройство можно отнести к мехатронным системам?

### **Библиографический список:**

1. В Яцун, С. Ф. Применение мехатронных систем [Текст]: учебно-практическое пособие / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын; Юго-Западный государственный университет. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178 с.
2. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М., Мир, 1990. – 527с.
3. Воротников С.А. Информационные устройства и системы. Ч. I и II: Учебные пособия. М.: МВТУ, 1995. – 64 с. 1996. – 76 с.
4. Миловзоров В.П. Элементы информационных систем. – М.: Высшая школа, 1989. – 140 с.
5. Литвиненко В.В., Майструк А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. – М.: ЗАО «КЖИ За рулём», 2004. – 176 с.

## 9 Лабораторная работа №9 «ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ *CONTOUR-TS*»

**Цель работы:** изучение конструкции и принципов действия бытовых приборов для измерения уровня глюкозы в крови (глюкометров).

### Введение

По данным Всемирной Организации Здравоохранения в мире насчитывается более 155 миллионов диабетиков. По самым оптимистичным прогнозам, к 2025 году таких людей будет в два раза больше.

Глюкометрия — техника, позволяющая определить концентрацию сахара капиллярной или венозной крови. Концентрация выражается в единицах измерения — ммоль/л или мг/дл. Превышение показателей нормы свидетельствует о нарушении обмена веществ, сахарном диабете, который может привести к гиперосмолярной коме, синдрому мальабсорбции и к самому критичному состоянию — гипогликемии (понижению сахара в крови уже ниже нормы).

Глюкометр — устройство, измеряющее уровень сахара в крови. Если уровень повышен, то человеку необходимо принять сахаропонижающий препарат. Глюкометр использует тест-полоску, на которую наносится капля крови. В результате химической реакции глюкометр выдает значение в мг/дл или ммоль/л. Компактные размеры большинства глюкометров позволяют пользоваться ими в домашних условиях. Таким образом, глюкометр и верное лечение медикаментами — основа нормальной жизни любого диабетика, который следит за собой и занимается активным самоконтролем.

Согласно требованиям международного стандарта ISO 15197 отклонения 95% результатов тестирования при помощи глюкометров должны быть в пределах 20% лабораторных результатов, если полученный результат равен или выше 4,2 ммоль/л или в пределах 0,8 ммоль/л, если результат ниже 4,2 ммоль/л.

В настоящее время широко распространены различные модели портативных глюкометров для индивидуального контроля уровня сахара в домашних условиях. Поместив каплю крови на одноразовую индикаторную пластину, через несколько секунд больной узнает свой уровень глюкозы в крови.

## 9.1 Общие сведения

Объектом исследования в данной лабораторной работе выступает бытовой глюкометр *CONTOUR-TS* (см. рис. 9.1).

Глюкометр не требует ввода цифрового кода или установки кодового чипа для каждой упаковки тест-полосок, поэтому его не надо кодировать, что исключает возможность ошибок, связанных с данным процессом.

Для измерения уровня сахара в крови необходимо перевести концентрацию глюкозы в напряжение или электрический ток. Это возможно с помощью использования специальных сенсорных тест-полосок для амперометрии. В сенсоре используются платиновые и серебряные электроды для создания зоны электрической схемы, где происходит электролиз перекиси водорода. Перекись водорода образуется в результате химической реакции окисления глюкозы на пленке окиси. Электрический ток обеспечивает измерение концентрации перекиси водорода, по которой уже определяется концентрация глюкозы. Важно обратить внимание на то, что зависимость между концентрациями линейная. В реальности ситуация может несколько отличаться, так как в реакцию могут вступать другие элементы.

Сенсор глюкометра основан на электроде оксида глюкозы, который входит в активную фазу на платиновом углеродном электроде. Электрод катализатора используется для определения амперометрии при помощи особой электрохимической детекции вырабатываемой перекиси водорода. Сенсор состоит из электродов: сперва идет слой пленки оксида глюкозы, затем полиуретановая пленка, сквозь которую проходит глюкоза, кислород и перекись водорода.

Амперометрия измеряет электрический ток между парой электродов, запускающих реакцию электролиза. Кислород выходит через пленку-мембрану и напряжение подается на платиновый электрод, восстанавливая  $O_2$  в  $H_2$ . Эти реактивные электроды являются своеобразными амперометрическими сенсорами, использующими трехэлектродную схему. Такой подход очень удобен при использовании благодаря надежности измерения напряжения и силы тока в одной и той же химической реакции. Трехэлектродные модели используют рабочий электрод (РЭ), относительный электрод (ОЭ) и электрод-счетчик (ЭС). После выработки тока, его необходимо перевести в напряжение с помощью микроконтроллера (МК). Это происходит благодаря трансимпеданс-усилителю. Наконец, МК устанавливает и передает сигнал модулю АДС.

Это практический способ объяснить, что такое амперометрия. Напряжение находится в РЭ и ОЭ в диапазоне от  $-200$  милливольт до 8 вольт. С помощью этого определяется напряжение, при котором сенсор сможет провести максимальную силу тока. Это значение в районе 4 вольт с силой тока около 18 микроампер. Выбрав 4 вольта в качестве операционного значения, мы получим стабилизационное время от 2 до 4 секунд. Что является надежным измерением, которое может быть произведено при максимально полученной силе тока.



Рис.9.1 Домашний глюкометр *CONTOUR-TS*

## 9.2 Технические данные

Система *CONTOUR-TS* (глюкометр, тест-полоски, контрольные растворы) - система для самоконтроля предназначенная для людей с сахарным диабетом и врачам для того, чтобы отслеживать уровень сахара в крови у пациентов.

Глюкометр Bayer Contour TS (Байер Контур ТС) – надежный и простой в работе прибор. Инновационная технология полностью исключает возможные при кодировании глюкометра ошибки, которые могли бы подвергать клиническому риску пациентов, страдающих сахарным диабетом.

Результаты тестирования можно загружать в программное обеспечение Bayer's Diabetes Management.

Устройство имеет хорошо видимый оранжевый порт для введения тест-полоски, и характеризуется отсутствием влияния мальтозы на результат анализа

Таблица 9.1 Общие данные

Наименование показателей	Значение показателей
Тестируемый образец	Цельная кровь
Метод измерения	Электрохимический
Калибровка прибора	по плазме крови
Объем капли крови, мкл	0,6
Время измерения, с	8
Память (кол-во измерений)	250
Диапазон измерений, ммоль/л	0,6-33,3
Масса, г	57
Габаритные размеры, мм	
- длина	71
- ширина	60
- толщина	25

### 9.3 Устройство глюкометра *CONTOUR-TS*

На рис. 9.2 представлен внешний вид глюкометра *CONTOUR-TS*.



Рис. 9.2 Глюкометр *CONTOUR-TS*

Глюкометр имеет пластиковый корпус с экраном для вывода информации. Внутри находится биоэлектрохимический преобразовывающий анализатор, емкость для батареек. Корпус

ударо- и влагостоек, и при соблюдении правил пользования может прослужить несколько лет без поломок и сбоев.

В работе глюкометра предполагается определенный принцип анализа забранной крови - глюкозооксидазную реакцию. Это самый точный метод, регистрирующий уровень глюкозы по плазме крови с наименьшей вероятностью погрешности. Общие принципы физико-химического анализа представляют собой расщепление цельной крови или ее плазмы до образования диффузной пероксидазы, равной содержанию глюкозы. Пероксидаза формирует электрический ток на поверхности электродов, что и регистрирует в цифровом количестве прибор.



Рис. 9.3 Забор крови в глюкометре

Отображение всех элементов экрана, как это показано на приведенном ниже рисунке, указывает на полную работоспособность экрана.

Кратковременное отображение всех элементов выполняется при каждом включении измерительного прибора.



Рис. 9.4 Отображения на экране глюкометра *CONTOUR-TS*

Глюкометр – это прибор, для функционирования которого необходимы дополнительно следующие элементы:

1. Ручка и стерильные ланцеты – это инструменты для прокалывания кожи. Ланцеты отличаются по длине и подбираются в зависимости от толщины кожи (более тонкие иглы ланцета предназначены для тонкой кожи, например у детей). Один ланцет при правильном применении можно использовать 10-15 раз, однако необходимо строго соблюдать правила хранения ланцета (в колпачке, предохраняющем от инфицирования иглы).

2. Тест-полоски – это расходный материал (для каждого измерения требуется новая тест-полоска), на которую нанесено вещество, реагирующее с кровью и определяющее концентрацию

глюкозы в крови. На тест-полосках имеется разметка, указывающая, куда необходимо нанести кровь для измерения уровня глюкозы.

3. Батарея – является источником энергии, необходимой для функционирования глюкометра. В некоторых глюкометрах имеются съемные батареи, которые можно самостоятельно заменять на новые, в других глюкометрах функция смены батареи не предусмотрена, что делает их менее практичными.

Работа прибора для измерения уровня глюкозы в крови *CONTOUR TS* основана на значениях плазмы/сыворотки крови.

Методы, основанные на плазме/сыворотке, могут давать результаты на 9 – 15% выше по сравнению с методами оценки глюкозы по полному составу крови.

#### УКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ ГЛЮКОМЕТРА:

- Всегда храните тест-полоски в исходной бутылке оригинальном флаконе. Сразу после извлечения тест-полоски плотно закрывайте крышку.

Бутылки-флаконы специально предназначены для создания сухой среды для хранения тест-полосок. Если оставить бутылку-флакон открытой открытым или хранить тест-полоски не в ней нем, то они могут испортиться под воздействием влажности. Не подвергайте тест-полоски воздействию прямого солнечного света.

- При формировании капли крови старайтесь не сжимать палец слишком сильно и проводите тест сразу же после формирования капли.

- Не капайте кровью прямо на ровную поверхность тест-полоски.

Тест-полоска разработана таким образом, чтобы просто втягивать кровь через заборный кончик.

- Не прижимайте тест-полоску плотно к пальцу. Это может привести к ее закупориванию.

- Не используйте испорченные и использованные тест-полоски. Тест-полоски предназначены только для одноразового использования.

Изначально результаты в измерительном приборе отображаются в ммоль/л (миллимолей глюкозы на литр).

Значения в ммоль/л всегда имеют десятичную точку. Значения в мг/дл (миллиграмм глюкозы на децилитр) никогда не имеют десятичной точки.



Рис.9.5 Подготовка скарификатора  
(устройство для прокалывания кожи для забора крови)

Пробы крови для проверки уровня глюкозы можно брать не только из кончиков пальцев. Результаты тестирования крови, взятой из предплечья или ладони, могут значительно отличаться от результатов тестирования крови из кончика пальца. Эта разница появляется при быстром изменении уровня глюкозы, например после приема пищи, ввода инсулина или физической нагрузки.

## УКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ ГЛЮКОМЕТРА

Все изделия и объекты, вступающие в контакт с человеческой кровью, даже после очистки должны рассматриваться как потенциально переносящие вирусные заболевания.

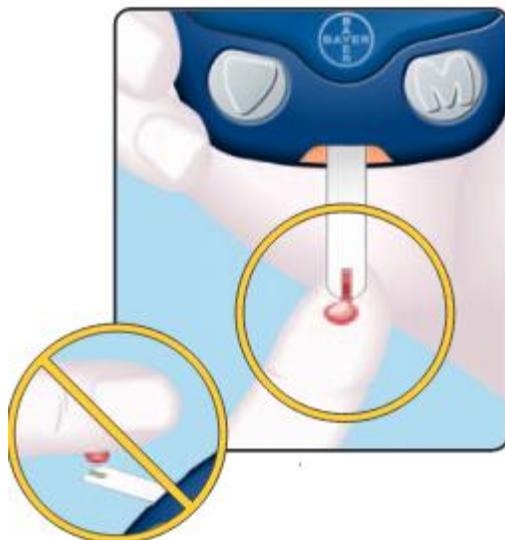


Рис.9.6 Тест крови из пальца

Уровень глюкозы в крови зависит от принимаемой пищи и лекарств, состояния здоровья, стрессового состояния или нагрузки. В соответствии медицинской практикой для человека, страдающего диабетом, при отсутствии беременности стандартными считаются следующие значения:

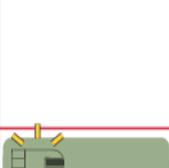
- Уровень глюкозы перед приемом пищи: от 5.0 ммоль/л до 7.2 ммоль/л
- Уровень глюкозы через 2 часа после приема пищи: менее 10.0 ммоль/л.

В экстренных ситуациях гораздо важнее не пропустить состояние гипогликемии (высокий уровень сахара в крови), которое может быстро привести к развитию комы с летальным исходом. Симптомы дефицита сахара крови проявляются слабостью, сонливостью, зевотой, головной болью, потливостью. В этом случае необходимо

срочно принять меры: выпить сладкий чай или съесть печенье, конфету, белый хлеб. После чего вновь измерить сахар крови. Следует отметить, что симптомы гипогликемии у пациентов с тяжелым, длительно текущим сахарным диабетом могут проявляться уже при 5-6 ммоль/л и даже более высоких концентрациях глюкозы.

При выявлении содержания глюкозы натошак, особенно при повторных измерениях, на уровне свыше 7 ммоль/л или в любое время суток, независимо от приема пищи более 11 ммоль/л считаются достоверными признаками сахарного диабета и требуют всестороннего обследования и назначения соответствующего лечения. Эпизодические подъемы уровня сахара до высоких цифр не должны вызывать панику, но они требуют обязательного посещения врача-эндокринолога для определения дальнейшей тактики, возможного назначения медикаментозной терапии или соответствующей диеты.

### Коды и символы ошибок

ИЗОБРАЖЕНИЕ	ОПИСАНИЕ	ДЕЙСТВИЯ	ИЗОБРАЖЕНИЕ	ОПИСАНИЕ	ДЕЙСТВИЯ
	Батарея разряжена.	Как можно быстрее замените батарею (см. стр. 26).		Тест-полоска вставлена неправильно.	Извлеките тест-полоску и вставьте ее правильно (см. стр. 9).
	Недопустимая температура.	Перейдите в место, в котором температура соответствует рабочему диапазону прибора: 5°C – 45°C. Перед началом тестирования измерительный прибор и тест-полоски должны находиться при этой температуре не менее 20 минут.	E5 E6 E8 E9	E10 E12 E13	Возможная ошибка программного обеспечения или оборудования.  Замените тест-полоску на новую и повторите тест. Если проблемы не устранены, обратитесь в службу поддержки клиентов.
	Заполнения тест-полоски недостаточно для точного тестирования.  • Возможно, Вы несколько раз нанесли кровь на одну полоску.  • Закупорен заборный чипчик.  • Капля крови слишком мала.	Замените тест-полоску на новую и повторите тест.  • Не выполняйте несколько заборов крови с помощью одной и той же полоски.  • Не прижимайте полоску к коже во время взятия пробы.  • См. информацию о рекомендуемом размере капли на стр. 10.		Неправильная тест-полоска.	Замените эту тест-полоску на тест-полоску Contour TS и повторите тест.
	Прибор обнаружил использованную тест-полоску.	Замените тест-полоску на новую и повторите тест. Перед взятием пробы крови дождитесь отображения на экране мигающей капли крови.		• Во время обратного отсчета полоска была повреждена.  • Полоска испортилась, так как долго находилась вне бутылки флакона.  • Вставлена использованная тест-полоска.	Замените тест-полоску на новую и повторите тест. Тщательно следуйте инструкциям из руководства пользователя.  Если проблемы не устранены, обратитесь в службу поддержки клиентов.

## 9.4 Порядок работы

9.4.1. Предварительно вымойте руки с мылом под проточной водой и вытрите их насухо. Для активизации кровотока пальцы рук несколько раз сожмите в кулак.

9.4.2. С помощью скарификатора выполните прокол кожи IV пальца (безымянного) левой руки, отступив от края ногтевой пластинки 4-5 мм. Если капля крови самостоятельно не появилась, произведите надавливание на подушечку пальца в направлении от основания фаланги к свободному краю ногтя.

9.4.3. Извлеките тест-полоску из тары и плотно закройте крышку. Удерживая тест-полоску серым концом вверх, вставьте серый конец в оранжевый порт для тест-полосок на измерительном приборе. Измерительный прибор включится автоматически. На экране отобразится тест-полоска с мигающей каплей крови, указывающая на то, что глюкометр готов к тестированию. (Не помещайте кровь на тест-полоску до тех пор, пока на экране не появится мигающий символ капли крови.)

9.4.4. Сразу после формирования капли крови прикоснитесь к ней заборным кончиком тест-полоски. Через него кровь втягивается в тест-полоску. Не прижимайте заборный кончик к коже и не капайте кровью на поверхность тест-полоски.

Удерживайте заборный кончик тест-полоски в капле крови до тех пор, пока не прозвучит сигнал

9.4.5. После сигнала на приборе начинается 8-секундный отсчет, по завершении которого на экране отображается результат тестирования. Результат автоматически сохраняется в памяти прибора вместе с датой и временем тестирования (если они настроены).

9.4.6. Для выключения прибора извлеките тест-полоску. Утилизируйте тест-полоску, соблюдая необходимые меры предосторожности (измерительный прибор также выключается, если в течение трех минут с ним не выполняются никакие действия). На ранку приложите спиртовую салфетку с экспозицией в несколько минут.

### **Содержание отчета**

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. В отчете отразить краткие теоретические сведения об устройстве и принципах действия приборов для измерения уровня глюкозы (сахара) в крови. Записать технические характеристики и изобразить устройство изучаемого глюкометра. Ответить на контрольные вопросы.

### **Дополнительные рекомендации**

1. Если у вас диабет и вам предстоит выполнять ответственные действия, например управлять автомобилем или другой техникой, всегда берите пробу крови из пальца. Необходимо также брать кровь из пальца во время болезни, нервных расстройств или когда результаты измерений не соответствуют собственным ощущениям пациента

2. Не рекомендуется брать пробы крови из других мест, если вы не можете распознать симптомы, сопутствующие снижению уровня глюкозы в крови. При низком уровне глюкозы в крови обратитесь к медицинскому специалисту.

3. При взятии проб крови из других мест выбирайте мягкие и мясистые участки тела без волос, родинок и видимых вен. Вымойте выбранное место с мылом в теплой воде, затем ополосните его и тщательно вытрите.

4. Берите пробы крови из других мест не ранее чем через 2 часа после приема пищи, приема лекарств, физических упражнений.

## **9.5 Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначен глюкометр?
2. На каком принципе основано действие глюкометра *CONTOUR-TS* ?
3. Для чего необходимы тест-полоски?
4. Каким считается допустимый уровень глюкозы в крови у человека?
5. Назовите основные технические характеристики домашнего глюкометра *CONTOUR TS*.
6. Как правильно пользоваться глюкометром *CONTOUR TS*?

### **Библиографический список:**

1. Система контроля уровня глюкозы в крови CONTOUR TS. Руководство пользователя, Bayer, the Bayer Cross, Ascensia, CONTOUR, MICROLET (Базель, Швейцария), 2007. – 38 с.
2. <http://medlibera.ru/sam-sebe-doktor/prostye-meditsinskie-manipulyatsii/kak-polzovatsya-glyukometrom-norma-sakhara-v-krovi>
3. Шишмарёв В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
4. Яцун, С. Ф. Применение мехатронных систем [Текст]: учебно-практическое пособие / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын; Юго-Западный государственный университет. - Курск: ЮЗГУ, 2011. - 178 с.
5. Глазунов, В. А. Механизмы параллельной структуры и их применение: робототехнические, технологические, медицинские, обучающие системы / В. А. Глазунов ; Институт машиностроения имени А. А. Благонравова Российской академии наук. - Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2018. - 1035 с. : ил. - Библиогр.: с. 986-1027. - ISBN 978-5-4344-0511-9 : 660.00 р. - Текст : непосредственный.
6. Яцун, С. Ф. Проектирование бытовых мехатронных систем : учебное пособие / С. Ф. Яцун, П. А. Безмен ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2014. - 112 с. : ил. - Б. ц. - Текст : непосредственный.