

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

Факультет Электротехнический

Кафедра автоматики

Направление подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

Голощапов С. С.

2021 г.

Автоматизация стенда для проведения испытаний изделий на
герметичность

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 27.03.04.2021.133.00.00 ПЗ ВКР

Автор ВКР

студент группы МиЭт - 529

подпись / Устюгов И.А.

ФИО

2021 г.

Руководитель работы

д.т.н., профессор

должность

подпись / Белугин В.Б.

ФИО

2021 г.

Консультант

главный инженер АО «Соединитель»

должность

подпись / Киреев О.Г.

ФИО

2021 г.

Нормоконтроль

старший преподаватель

должность

подпись / Елисеев В.П.

ФИО

2021 г.

АННОТАЦИЯ

Устюгов И.А. Автоматизация стенда для проведения испытаний изделий на герметичность. Миасс: ЮУрГУ, ЭТФ, 2021. 74с. 21 илл. Библиография литературы - 11 наименований. 5 приложений. Одна схема ЭЗ формата А3. 1 диск с презентацией.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрена автоматизация стенда для испытаний изделий на герметичность, описано состояние стенда до автоматизации, подобраны необходимые комплектующие для возможности автоматизирования стенда, выбрана и обоснована элементная база для управляющего стендом устройства, составлена схема электрическая структурная и электрическая принципиальная, написана программа микроконтроллера и описан её алгоритм, рассчитана экономическая эффективность автоматизации стенда.

					27.03.04.2021.133.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Устюгов И.А.			Автоматизация стенда для испытаний изделий на герметичность	Лит.	Лист	Листов
Провер.							3	
Реценз						ЮУрГУ		
Н. Контр.						Кафедра автоматика		
Утверд.								

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ	8
1.1 Назначение и цель стенда для испытаний	8
1.2 Описание стенда для испытаний до автоматизации	9
1.3 Описание работы автоматизированного стенда	11
1.4 Комплектующие для стенда.....	13
2 ОПИСАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА.....	20
2.1 Структурная схема управляющего устройства.....	21
2.2 Схема электрическая функциональная.....	22
3 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ.....	23
3.1 Перечень выбранных и обоснованных элементов.....	23
3.2 Схема электрическая принципиальная	38
4 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА.....	38
4.1 Выбор среды разработки.....	38
4.2 Алгоритм работы программы для микроконтроллера	40
4.3 Команды от ПК.....	46
4.4 Листинг программы для микроконтроллера	48
5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ.....	48
5.1 Расчёт структуры цены.....	48
5.2 Расчёт экономического эффекта от внедрения проекта	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	60
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	61
Приложение А	61
Схема электрическая структурная	61
Приложение Б.....	62
Схема электрическая функциональная.....	62
Приложение В	63
Приложение Г	64
Приложение Д	65

ВВЕДЕНИЕ

Испытания, согласно принятому определению — это экспериментальное определение характеристик продукции в заданных условиях её функционирования. Испытания являются важнейшим этапом создания образцов техники, а их результаты служат основанием для принятия определённых решений.

Цель испытаний, с метрологической точки зрения, заключается в нахождении посредством измерения истинного значения контролируемого параметра и оценивании степени доверия к нему.

Объём испытаний и трудоёмкость их проведения вследствие расширения функциональных возможностей электронных средств приводит к необходимости автоматизации испытательных и контрольно-измерительных операций путём широкого внедрения средств вычислительной техники.

В свою очередь, интенсивное развитие вычислительной техники, а также постоянное совершенствование устройств для испытаний позволяют создать информационно-измерительные системы и автоматизированные испытательные станции.

Автоматизация испытаний — это процесс, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам.

Автоматизация — это основа развития современной промышленности, генеральное направление научно-технического прогресса. Цель автоматизации испытаний заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, в создании условий для оптимального использования всех ресурсов.

Автоматизация испытаний осуществляется по двум основным направлениям.

					27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

совершенные двигатели и управляются посредством команд, передаваемых по кабелям связи.

Сегодня в океанологии приняты две критические цифры – 2000 и 6000 метров. 2000 метров– это глубина, ограничивающая 16 процентов дна Мирового океана. А 6000 метров– это уже 98 процентов дна. Исходя из этого одним из условий рассматриваемого стенда для испытаний нагнетать и контролировать гидростатическое давление внешней среды 600кгс/см^2

Задачей нашего стенда является обеспечение возможности создания высокого гидростатического давления в испытательной камере с испытуемым объектом во внешней среде, и выполнения регулировки указанных давлений при проведении прочностных испытаний глубоководного технического объекта, а также проверке его герметичности.

Важно обеспечить достоверность результатов испытаний, которые проводятся на нашем стенде. Что мы понимаем под достоверностью и каковы способы ее достижения? С достоверностью результатов испытаний связаны понятия воспроизводимости и повторяемости. В соответствии с ГОСТ Р 51672-2000 [1] эти понятия формулируются следующим образом:

- воспроизводимость результатов испытаний – характеристика результатов испытаний, определяемая близостью результатов испытаний одного и того же объекта по единым методикам в соответствии с требованиями одного и того же нормативного документа с применением различных экземпляров оборудования разными операторами в разное время;

- повторяемость (сходимость) результатов испытаний – характеристика результатов испытаний, определяемая близостью результатов испытаний

одного и того же объекта по одной и той же методике в соответствии с требованиями одного и того же нормативного документа в одной и той же лаборатории одним и тем же оператором с использованием одного и того же экземпляра оборудования в течение короткого промежутка времени.

Наш стенд обеспечивает высокую достоверность результатов испытаний в отличии от проведения испытаний в полном объеме человеком, так как автоматизированная установка при разных операторах повторяет весь цикл испытаний абсолютно идентично всем предыдущим.

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

1.1 Назначение и цель стенда для испытаний

1) Автоматизированный стенд предназначен для проведения испытаний на гидростатическое давление в испытательной камере с испытуемым объектом во внешней среде. В настоящее время стенд для проведения испытаний на гидростатическое давление используют ручные операции.

2) Основной задачей моей выпускной квалификационной работы является исключение ручных операций, то есть автоматизация стенда. Целью автоматизации является проведение испытаний без привлечения сил и внимания оператора в следующем режиме:

- давление 900 кгс/см² выдержка 15 минут
- давление 0 кгс/см²
- с шагом в 10 кгс/см², выдержка на каждом шагу 1 мин. до давления 600 кгс/см²
- давление 600 кгс/см² выдержка 23 часа
- давление 0 кгс/см²

3. Требования к стенду

Питание стенда должно осуществляется от 24v

Контроль и индикация выходных параметров: давление.

										Лис
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ					

1.2 Описание стенда для испытаний до автоматизации

Исходными данными является текущее оснащение предприятия, в которое входит:

- в качестве рабочей жидкости водопроводная вода
- испытательная камера в виде металлической бочки (Рисунок 1.1);



Рисунок 1.1 Испытательная камера

- специальная крышка под объекты испытаний (Рисунок 1.2)



Рисунок 1.2 Специальная крышка

- Манометр (аналоговый) (Рисунок 1.3)

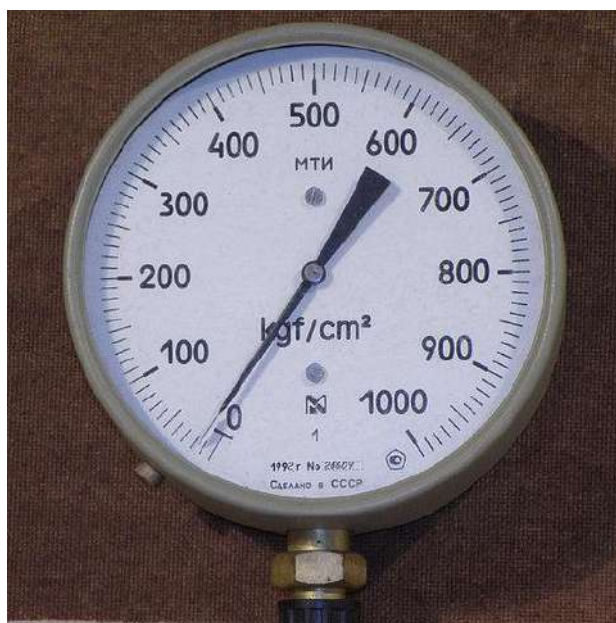


Рисунок 1.3 Манометр

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- Ручной насос серии МР фирмы Энерпас (Рисунок 1.4)



Рисунок 1.4 Ручной насос

1.3 Описание работы автоматизированного стенда

На схеме (Рисунок 1.5) обозначено взаимодействие элементов стенда, в Таблице 1 указаны условно графические обозначения связей. Воздух в схеме подаётся сжатым от компрессора, который в схеме не указан и в проект не входит.

Таблица 1

Условно графическое изображение	Обозначение
	Воздух
	Вода
	Электрическая связь

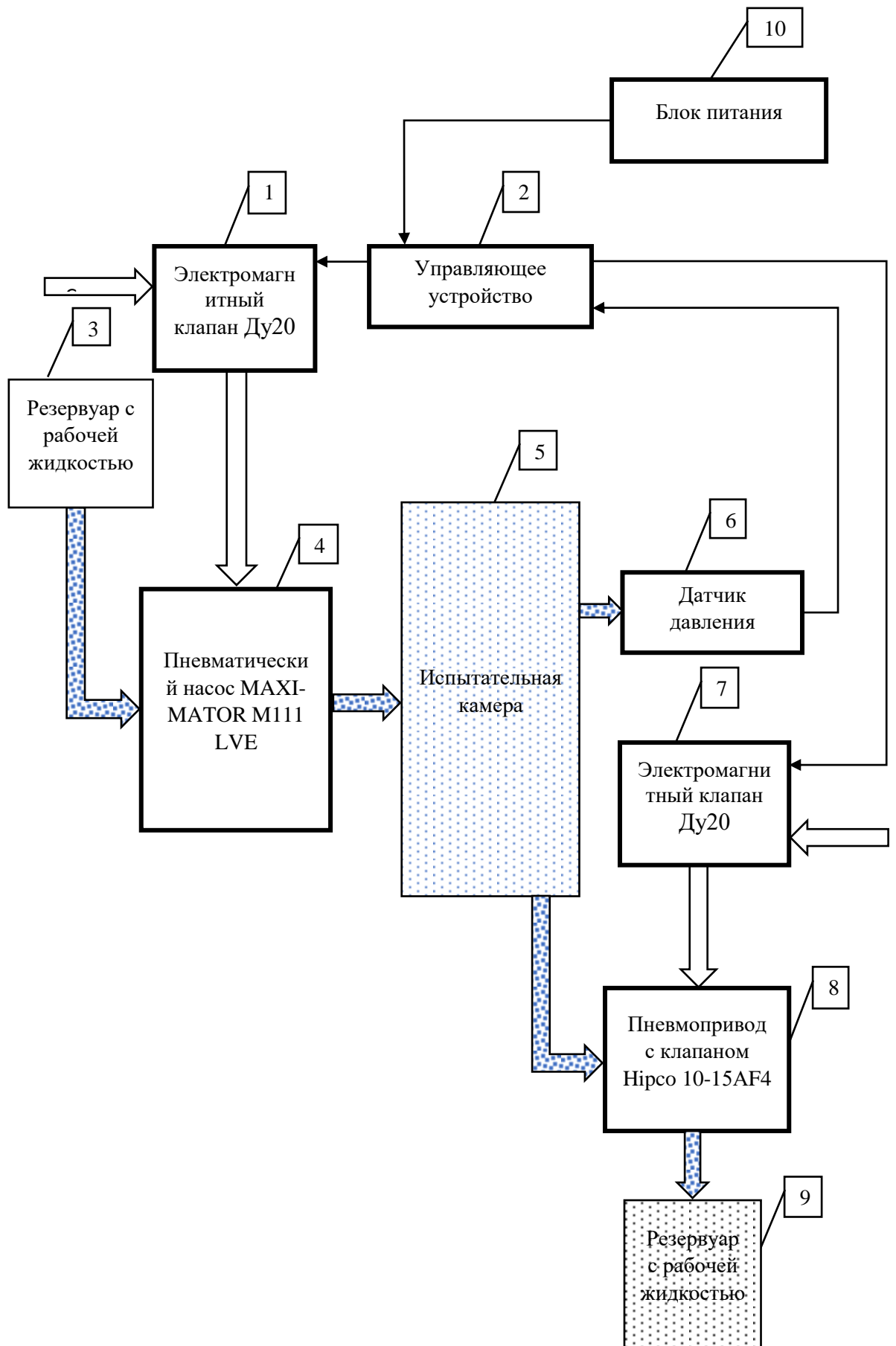


Рисунок 1.5 Описание работы стенда

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Описание работы стенда по схеме:

Управляющее устройство (2) после сигнала о начале испытаний подаёт напряжение на электромагнитный клапан (1) с блока питания (10) после чего клапан открывается, сжатый воздух под давлением 3 бара проходит от общей магистрали в пневматический насос (4), пневматический насос перекачивает рабочую жидкость из резервуара (3) в испытательную камеру (5) до определённого давления, данные о давлении фиксирует манометр (6) и передаёт для дальнейшей обработки в управляющее устройство (2), по достижению необходимого давления в испытательной камере (5), микроконтроллер отключает подачу напряжения на электромагнитный клапан(1) и пневматический насос (4) останавливается. При необходимости сбросить давление в испытательной камере микроконтроллер (2) подаёт напряжение на электромагнитный клапан (7) после чего клапан открывается, сжатый воздух под давлением 3 бара проходит от общей магистрали в пневмопривод с клапаном(8) после чего клапан открывается и рабочая жидкость сбрасывается из испытательной камеры (5) в резервуар (9). По достижению необходимого давления в испытательной камере (5) управляющее устройство (2) опираясь на данные от манометра (6) отключает подачу напряжения на электромагнитный клапан (7), в следствии клапан пневмопривода (8) закрывается и сброс рабочей жидкости прекращается.

1.4 Комплектующие для стенда

1.4.1 Клапан электромагнитный SMART SM55634 Ду20 G3/4 - это нормально закрытый соленоид, предназначенный для воды, воздуха и других рабочих сред, не агрессивных к материалам клапана. (Рисунок 1.6)

					27 02 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



Рисунок 1.6 Клапан электромагнитный

Функциональное назначение клапана электромагнитного SMART SM55634 Ду20 G3/4:

Управление пневматическим насосом (MAXIMATOR M111 LVE) и пневмоприводом клапана (Hirco 10-15AF4) посредством сжатого воздуха.

- Диапазон температур рабочей среды: -20...+120
- Максимальное давление на корпус 10 бар
- Постоянный ток: DC24V для подключения к лабораторному блоку питания и возможность управления с помощью полевых транзисторов (MOSFET).

- Класс защиты катушек IP65.

Данные клапаны обычно устанавливают после насосов, компрессоров, в водопроводах промышленного и бытового назначения.

Принцип работы нормально закрытого электромагнитного клапана прямого действия, следующий: мембрана (запорный механизм) клапана прижата пружиной. При подаче тока на электромагнитную катушку

мембрана, связанная пружиной с плунжером, поднимается благодаря наличию магнитного поля в штоке. Клапан открывается, и рабочая среда проходит далее по трубопроводу. Клапан находится в открытом положении до того момента, пока не будет убрано напряжение с катушки, после он снова закрывается [2].

1.4.2 Сенсор давления ВТП-12 (Рисунок 1.7)

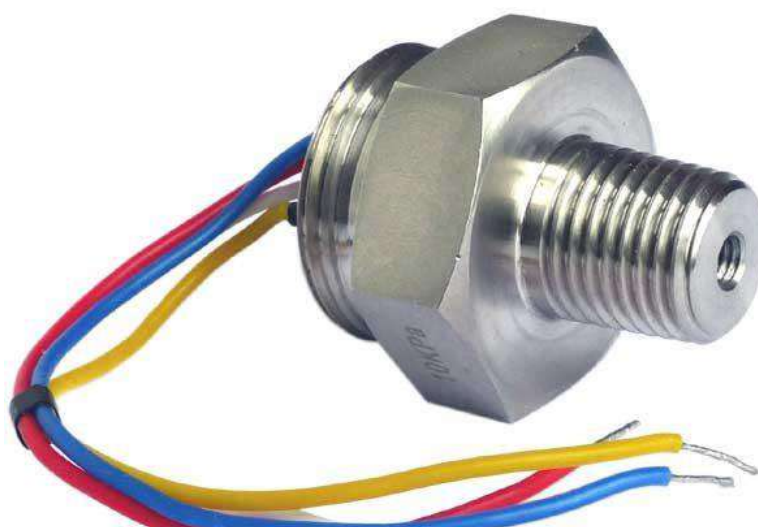


Рисунок 1.7 Промышленный сенсор давления ВТП-12

Функциональное назначение: передавать данные об измеренном давлении управляющему устройству.

Промышленный сенсор давления ВТП-12 100 МПа-Г-С1-П-А1-М1-К2 предназначен для пропорционального преобразования давления жидких и газообразных сред в электрический сигнал постоянного тока.

Сенсор сварен с резьбовым штуцером герметично. По сравнению с герметизацией уплотнительным кольцом, он является более надежным. В сенсоре используется высокочувствительный пьезорезистивный кремниевый чип давления.

Выпускается в двух модификациях: с гибкими проводами и жесткими выводами (штекерами) [3].

Технические данные:

- Верхние пределы диапазона давлений: 100 Мпа
- Вид давления: Избыточное
- Пределы допускаемой погрешности: $\pm 0,15\%$
- Нелинейность: не более $\pm 0,25\%$
- Гистерезис: не более $\pm 0,03\%$
- Дополнительная температурная погрешность: не более $0,25\%/10^\circ\text{C}$
- Перегрузка: 300% П.В. (≤ 70 кПа)
- Выход «нуля»: ± 2 мВ
- Выход «диапазона» 100 мВ (> 100 кПа) | 80 мВ (≤ 100 кПа) | 60 мВ (≤ 10 кПа)
- Питание: 1.5 мА | 5 В постоянного тока
- Диапазон термокомпенсации: от -10 до $+70^\circ\text{C}$ | от 0 до $+60^\circ\text{C}$ (< 100 кПа)
- Диапазон температуры рабочих сред: от -40 до $+125^\circ\text{C}$
- Диапазон температуры хранения: от -40 до $+125^\circ\text{C}$
- Сопротивление изоляции: >200 МОм / 250 VDC
- Сопротивление моста: мин. 2600 Ом | макс. 5500 Ом
- Долговременная стабильность: $\leq 0.2\%$ В.П. / год
- Устойчивость к вибрационным нагрузкам: 20g (20÷5000 Гц)
- Ударопрочность: 100g, 10 мс
- Время отклика: ≤ 1 мс (10% до 90%В.П.)
- Срок службы: $10 \cdot 10^6$ циклов
- Масса: ~ 120 г

1.4.3 Насос с пневмоприводом Maximator MSF111(L) одностороннего действия (Рисунок 1.8)

					27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

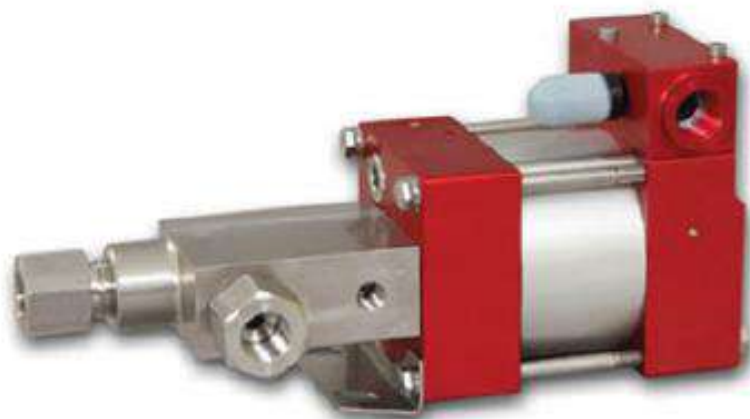


Рисунок 1.8 Насос с пневмоприводом

Функциональное назначение насоса с пневмоприводом Maximator MSF111(L):

Перекачивание рабочей жидкости из резервуара в испытательную камеру с нагнетанием необходимого давления

Технические данные [4]:

Давление пневмопривода: 1-10 бар

Расчётное давление на выходе пневмопривода при 10 бар: 1000 бар

Коэффициент давления: 1:130

Рабочий объём/двойной ход: 1.0 см³

Вход: 3/8 BSP

Выход 3/8 BSP

Пневматический привод 3/8 BSP

Максимальная рабочая температура: 60С

Принцип работы насоса:

В цилиндр подается газ для привода с исходным давлением от 0,1 МПа до 1 МПа. Усилие, развиваемое поршнем в цилиндре, через шток передаётся на поршни с меньшей площадью в цилиндры. Благодаря разным площадям поверхностей поршней в цилиндрах, в цилиндре меньшего объёма развивается большее давление. В устройствах в зависимости от конструкции

возможны различные коэффициенты передаточных отношений от 1:2 до 1:225. Непрерывное действие устройства достигается работой пилотного 4/2-ходового клапана. Клапан попеременно подаёт газ на правую и левую поверхности поршня в цилиндре. Работа клапана реализуется посредством двух 2/2 ходовых клапанов, механически срабатывающих при достижении поршнем крайних положений цилиндра. Подача жидкости в цилиндр и выход жидкости из цилиндра осуществляются через клапана. Принцип действия насоса Выходное давление напрямую связано с давлением среды, поступающей на расширение. Подбор устройства для каждого случая осуществляется на основе расчёта в соответствии с техническими характеристиками устройств. Изделия и их управление подбираются таким образом, что при достижении конечного давления устройство автоматически останавливается. При падении давления на стороне высокого давления устройство автоматически включается в работу до тех пор, пока баланс сил вновь не будет достигнут. Кроме того, устройства MAXIMATOR могут включаться и выключаться автоматически через пилотные клапана, управляемые от внешних датчиков или от управления внешними устройствами.

1.4.4 Пневмопривод с клапаном Нірсо 10-15AF4 (нормально закрытый) (Рисунок 1.9)

Диафрагменный пневмопривод обеспечивает удалённое автоматическое включение/выключение клапана и могут управляться воздухом.

Функциональное назначение Пневмопривод с клапаном Нірсо:

Сброс излишнего давления в испытательной камере

					27 02 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



Рисунок 1.9 Пневмопривод с клапаном

Технические данные [5]:

Вход для воздуха 1/4 NPT

Максимальное рабочее давление: 10000psi (689бар)

Давление открытия клапана: 2 бар

Давление полного открытия клапана: 3 бара

1.4.5 Блок питания GST120A24-P1M

Функциональное назначение: обеспечение электроэнергией управляющего устройства и электромагнитных клапанов.

Сетевые импульсные адаптеры серии GST применяются для питания различных типов электронных устройств и оборудования промышленного, коммерческого или бытового назначения, соответствуют современным требованиям энергоэффективности.

- Малое потребление в режиме холостого хода
- Огнестойкий пластиковый корпус
- Рабочая температура: -30...+70°C
- Типы защиты: от короткого замыкания, перегрузки, перенапряжения, перегрева
- Светодиодный индикатор наличия питания

Технические данные [6].

Выходное напряжение: 25V

Выходной ток: 5A

Мощность: 120Вт

Разъем: 5.5x2.5

Серия: gts 120

Вес: 630г

2 ОПИСАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

В основу разработки современной РЭА положен модульный принцип конструирования, основывающийся на функционально-узловом методе проектирования.

Технологичной следует считать конструкцию, удовлетворяющую с заданной надежностью технологическим и эксплуатационным требованиям при выбранном типе производства, изготавливаемую с применением прогрессивных технологических процессов, обеспечивающую наименьшие затраты на поиск неисправностей и ремонт при обслуживании [7].

Технологичность конструкции можно оценивать количественно и качественно. Качественная оценка в процессе проектирования предшествует количественной.

При анализе конструкции рассматриваем требования к технологичности сборочных единиц и деталей.

Технологичность детали оценивается следующими требованиями:

- конструкция детали должна состоять из стандартных конструктивных элементов;
- собираться из стандартных или унифицированных элементов;

Компоновка выполнена из стандартных комплектующих ЭРИ промышленного изготовления, установленных на основании платы печатной.

					27 02 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

2.1 Структурная схема управляющего устройства

Схема структурная отражена в приложении А

В ходе анализа технического задания и поставленных задач были выделены структурные блоки и построена структурная схема системы контроля за процессом испытания.

Исходя из требований технического задания, решено реализовать систему контроля в виде отдельного функционально законченного устройства, что позволит увеличить надежность системы, снизить габариты, ускорить монтаж стенда.

Структурная схема системы контроля предоставлена на рисунке 2.1.

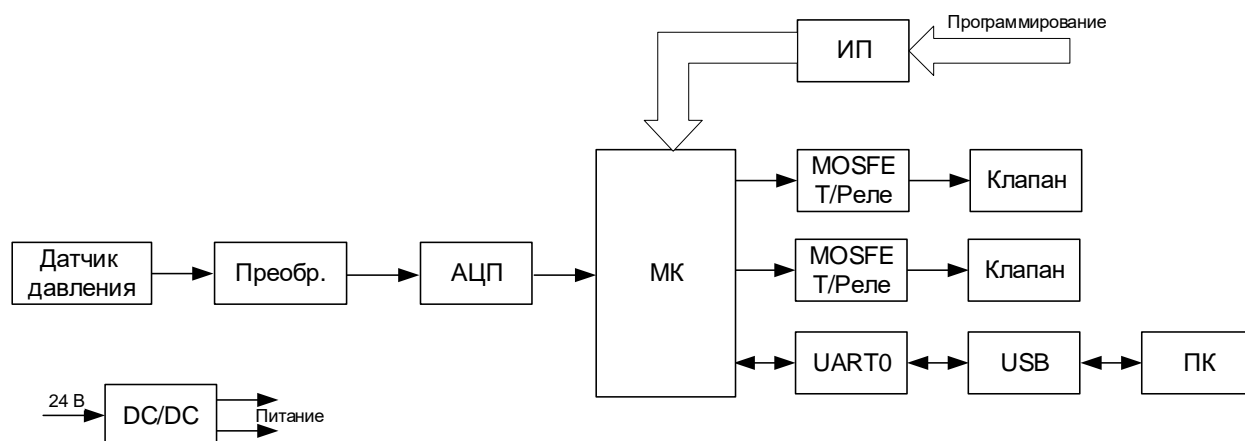


Рисунок 2.1 Структурная схема управляющего устройства

Сигнал с датчика давления преобразуется и подается на блок Аналого-цифрового преобразования. Оцифрованные данные используются далее управляющим устройством – микроконтроллером, для передачи на персональный компьютер (далее ПК) и управления давлением посредством электромагнитных клапанов, подключенных на впуск и выпуск.

Микроконтроллер через мощные полевые транзисторы (MOSFET) или реле управляет электромагнитными клапанами.

Микроконтроллер подключен к ПК по протоколу UART и USB-UART преобразователь.

Микроконтроллер получает команды от ПК на проведение испытаний и на остановку испытаний.

На основе полученных данных о уровне давления и полученной команды от ПК микроконтроллер в автоматическом режиме управляет процессом испытания и отправляет данные на ПК.

Через интерфейс программирования (ИП) осуществляется программирование МК.

Более подробно работа системы сбора данных будет рассмотрена на функциональной схеме.

2.2 Схема электрическая функциональная

Схема электрическая функциональная отражена в приложении Б

На основе схемы структурной разработана схема функциональная, представленная на рисунке 2.2

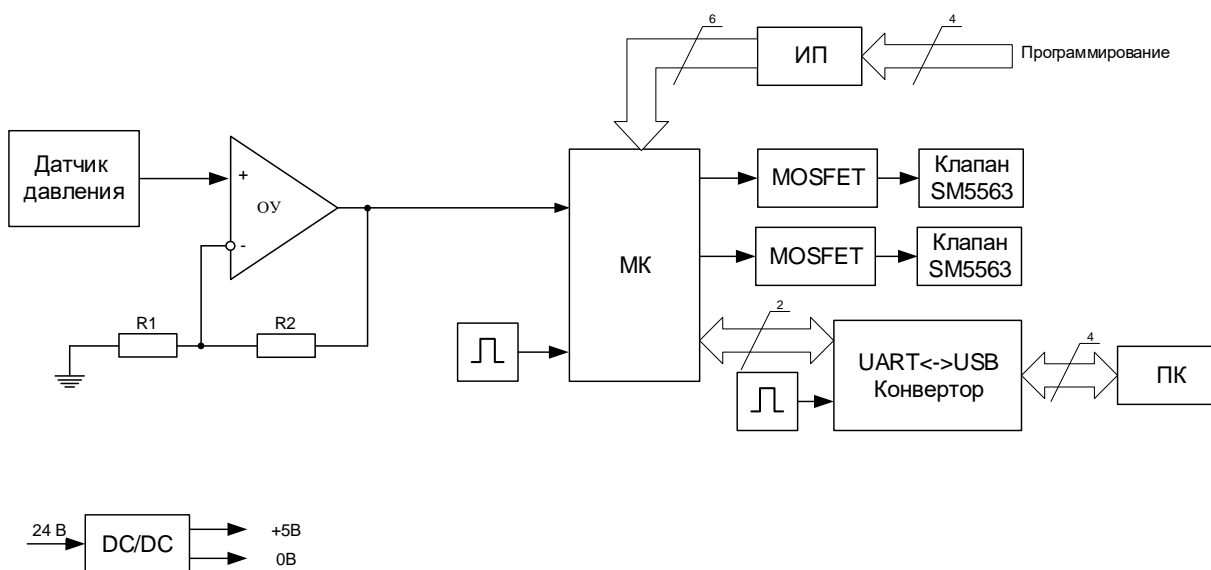


Рисунок 2.2 Схема электрическая функциональная

Сигнал с датчика давления подается на операционный усилитель, подключенный по не инвертирующей схеме, и далее подается на вход встроенного АЦП микроконтроллера.

Для управления электромагнитными клапанами решено использовать мощные полевые транзисторы MOFSET, так как реле

Исходя из этих требований решено использовать модуль питания DC/DC - AM1D-2405SZ.

Вместе с модулем питания DC/DC используется рекомендованная производителем схема подключения фильтра по входу и по выходу изображённая на рисунке 3.1:

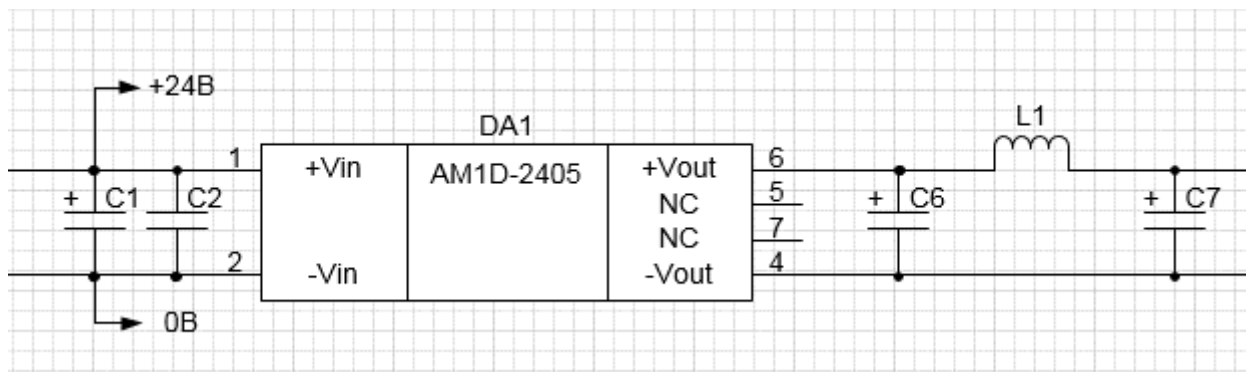


Рисунок 3.1 схема подключения фильтра

Номиналы элементов:

- C1 – 10 мкФ, 50 В
- C2 – 0.1 мкФ, 50 В
- C6 – 10 мкФ, 16 В
- C7 – 10 мкФ, 16 В
- L1 – 1 мкГн, 240 мА

3.1.3 Выбор операционного усилителя

Требования:

- Однополярное питание - Питание 24 В;
- Низкие шумы.

Под данные требования подходит операционный усилитель LM358.

Технические данные [9]:

- Однополярное питание: от 3 В до 32 В.
- Двухполярное питание: $\pm 1,5$ до ± 16 В.
- Ток потребления: 0,7 мА.
- Входное напряжение смещения: 3 мВ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- Дифференциальное входное напряжение: 32 В.
- Синфазный входной ток: 20 нА.
- Дифференциальный входной ток: 2 нА.
- Дифференциальный коэффициент усиления по напряжению: 100 дБ.
- Размах выходного напряжения: от 0 В до VCC — 1,5 В.
- Коэффициент гармонических искажений: 0,02%.
- Максимальная скорость нарастания выходного сигнала: 0,6 В/мкс.
- Частота единичного усиления (с температурной компенсацией): 1,0 МГц.
- Максимальная рассеиваемая мощность: 830 мВт.
- Диапазон рабочих температур: 0...70 гр.С.

Микросхема LM358 в одном корпусе содержит два независимых маломощных операционных усилителя с высоким коэффициентом усиления и частотной компенсацией. Отличается низким потреблением тока. Особенность данного усилителя – возможность работать в схемах с однополярным питанием от 3 до 32 вольт. Выход имеет защиту от короткого замыкания.

Схема подключения операционного усилителя представлена на рисунке 3.2:

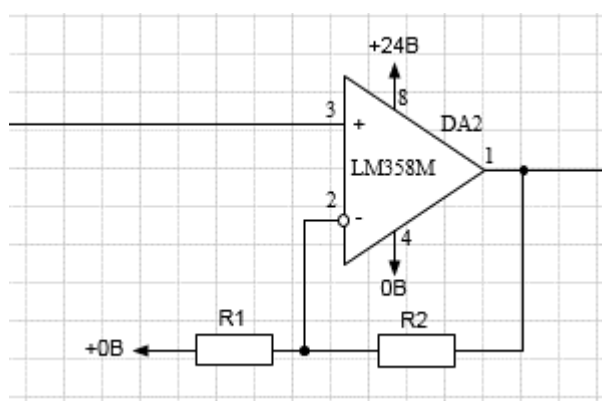


Рисунок 3.2 Схема подключения операционного усилителя
 Исходный сигнал 100 мВ, требуется усилить сигнал до 5 В.
 Коэффициент усиления $G = 5/0.1 = 50$

Расчет резисторов для не инвертированной схемы подключения ОУ производится по формуле 1:

$$G = 1 + R2/R1 \quad (1)$$

где $R1$ берется в $10\text{k}\Omega$ для удобства расчета.

$$G = 50$$

Расчет резистора $R2$ по формуле 2:

$$R2 = (G - 1) \cdot R1 \quad (2)$$

$$R2 = (50 - 1) \cdot 10000 = 490000 \text{ Ом.}$$

Ближайший номинал 487000 Ом . Для обеспечения точности работы системы контроля резисторы $R1$ и $R2$ необходимо использовать с 1% точностью номиналов.

3.1.4 MOSFET Полевой транзистор для управления клапаном

Электромагнитный клапан может управляется реле либо MOSFET полевым транзистором - «ключом». В данном дипломе решено использовать MOSFET транзистор, это позволит уменьшить размеры устройства, упростит управление клапаном.

Критерии выбора MOSFET транзистора:

- Возможность управления логическим уровнем микроконтроллера;
- Коммутируемый ток $5,6 \text{ А}$ – для управления клапаном требуется коммутировать ток $1,7 \text{ А}$ (максимальная мощность потребления клапана составляет 40 Вт , напряжения питания 24 В , ток потребления клапана составит $1,66 \text{ А}$);
- Коммутируемое напряжение 100 В – для работы клапана требуется 24 В .

Данным требованиям удовлетворяет полевой транзистор IRL510.

Транзистор IRL510 используется вместе с радиатором для отвода тепла.

Транзистор IRL510 подключается по схеме на рисунке 3.3:

Минимальная рабочая температура -55 С
Максимальная рабочая температура 125 С
Номинальное напряжение 50 В
Корпус-дюймы 0805
Вес 0.03г
- MCVKZ016M100CA1L

Технические данные:

Емкость 10 мкФ
Высота 5.4 мм
Минимальная рабочая температура -55 С
Максимальная рабочая температура 105 С
Номинальное напряжение 16 В
Диаметр 4 мм
Эффективное последовательное сопротивление 2 Ом
Корпус Radial Can - SMD
Срок службы при температуре 2000 часов при 105 С
Пульсирующий то AC 80мА
Вес 3г

3.1.7 Дроссели

- B82498F1102J000

Технические данные:

Номинальная индуктивность 1мкГн
Допуск номинальной индуктивности 5%
Типоразмер-дюймы 0805
Активное сопротивление 0,55 Ом
Минимальная рабочая температура -55 С
Максимальная рабочая температура 125 С
Максимальный постоянный ток 240мА
Длина корпуса 2.3мм

										Лис
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ					

3.1.10 Кварцевые резонаторы

- ABLS2-14.7456MHZ-D4Y-T

Технические данные:

Номинальная частота 14.7456МГц

Минимальная рабочая температура -40С

Максимальная рабочая температура 85С

Емкость нагрузки 18пФ

Корпус кристалла SMD 11.4мм x 4.7мм

Вес 1г

- ABLS-12.000MHZ-20-B4Y-T

Технические данные:

Номинальная частота 12МГц

Минимальная рабочая температура -20С

Максимальная рабочая температура 70С

Емкость нагрузки 20пФ

Корпус кристалла SMD 11.5мм x 4.7мм

Вес 1г

3.2 Схема электрическая принципиальная

На основании схемы функциональной, выбранной элементной базы и схем подключения элементов разработана схема принципиальная, представленная в приложении Г

4 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

4.1 Выбор среды разработки

Для написания прошивки для микроконтроллера решено использовать среду разработки CodeVisionAVR, так как CodeVisionAVR включает в себя следующие компоненты:

					27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Алгоритм функции TestCmdF (Рисунок 4.2,4.3)

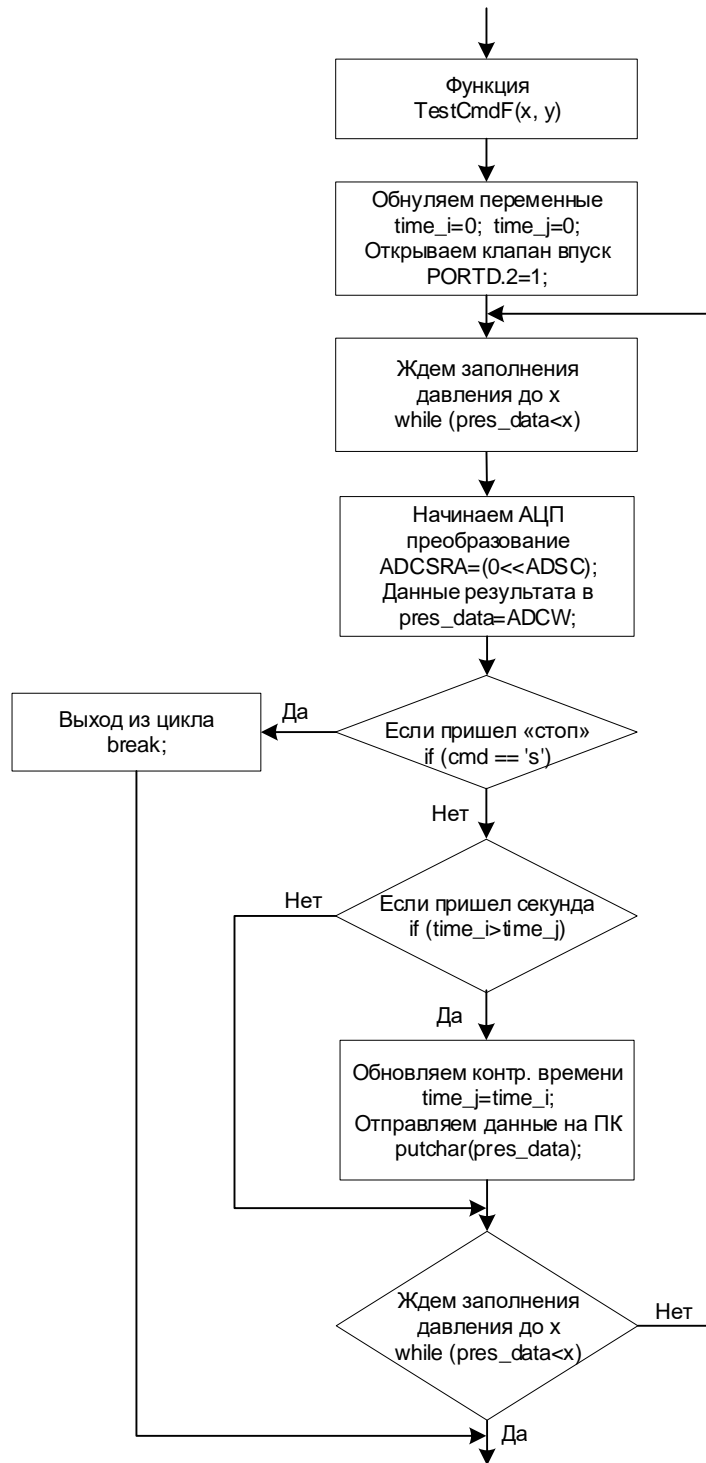


Рисунок 4.2 Алгоритм работы кода при вызове функции TestCmdF

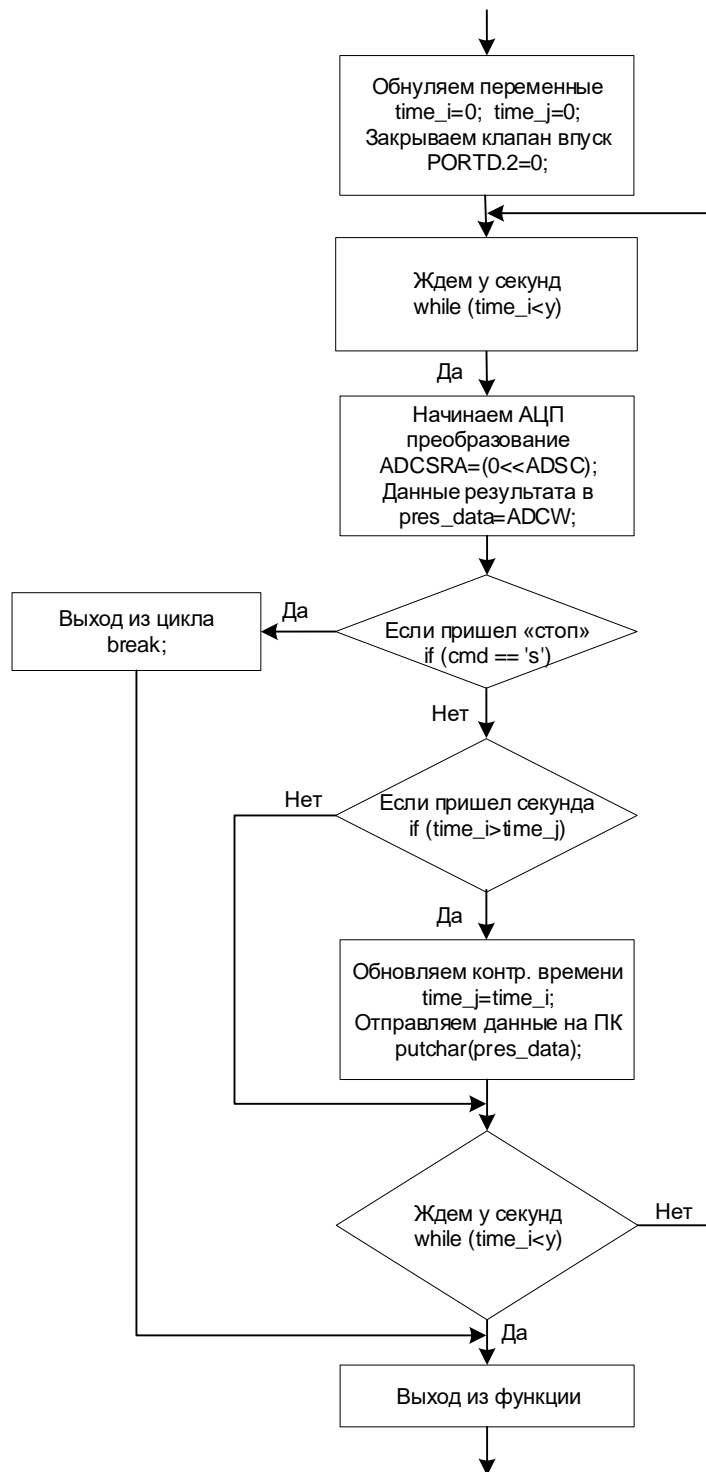


Рисунок 4.3 Продолжение алгоритма работы кода при вызове функции TestCmdF

Алгоритм функции TestCmd2(Рисунок 4.4,4.5)

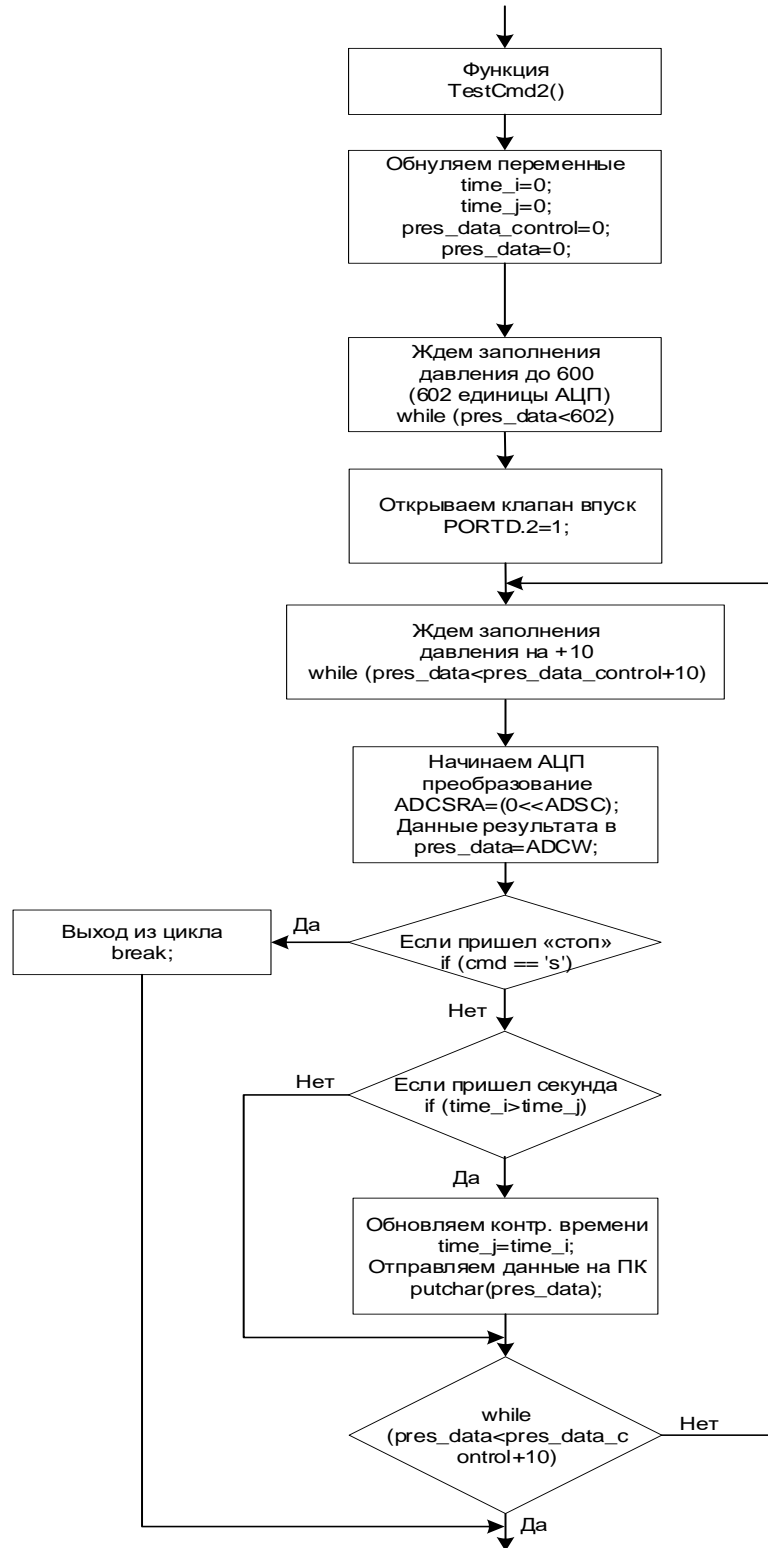


Рисунок 4.4 Алгоритм работы кода при вызове функции TestCmd2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

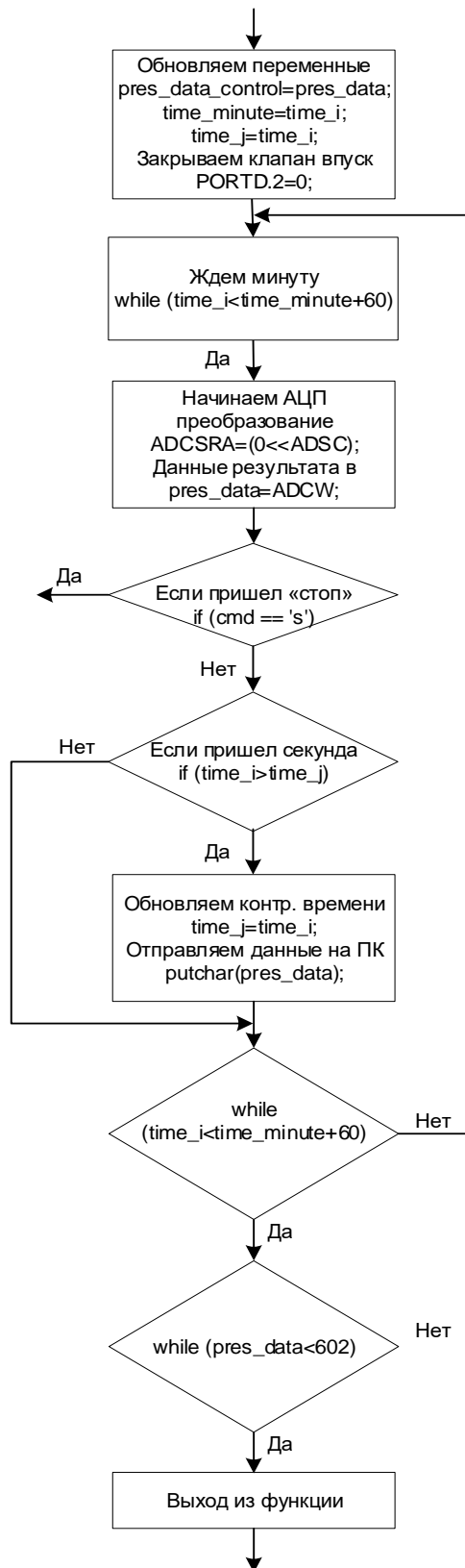


Рисунок 4.5 Продолжение алгоритма работы кода при вызове функции TestCmd2

Алгоритм работы кода при вызове функции TestCmdS (Рисунок 4.6)

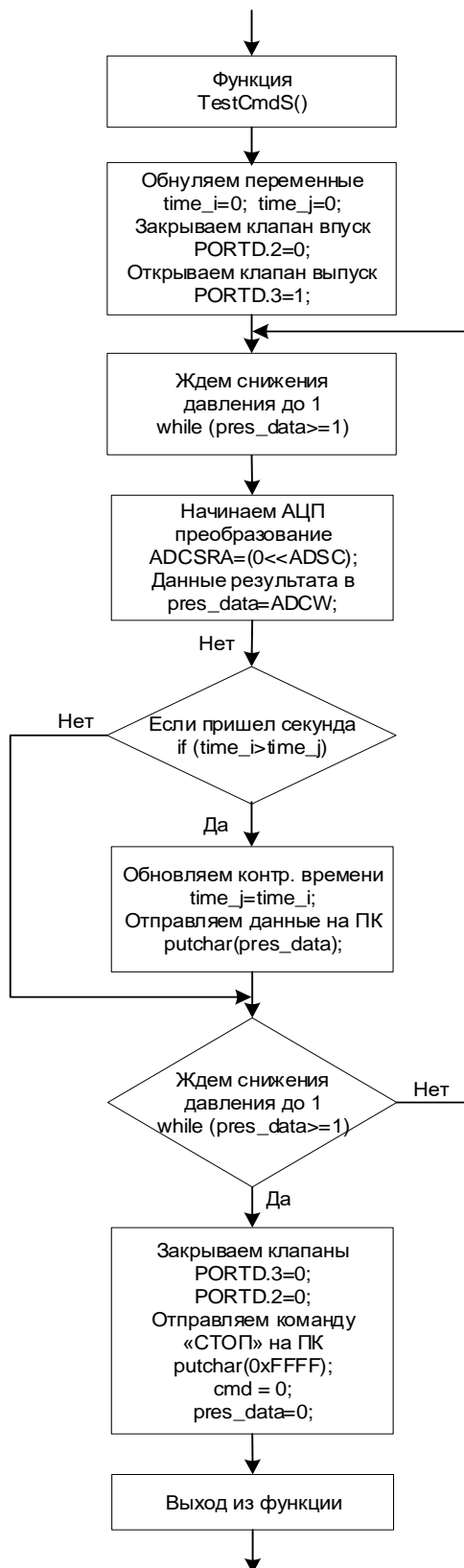


Рисунок 4.6 Алгоритм работы кода при вызове функции TestCmdS

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4.3 Команды от ПК

команда "1" - давление 900 кгс/см² выдержка 15 минут и сброс до 0 кгс/см², отсылка данных каждую секунду с момента нагнетания давления до момента сброса до 0, в конце отправка стоп на ПК.

команда "2" - с шагом в 10 кгс/см², выдержка на каждом шагу 1 мин. до давления 600 кгс/см² и сброс до 0 кгс/см², отсылка данных каждую секунду с момента нагнетания давления до момента сброса до 0, в конце отправка стоп на ПК

команда "3" - давление 600 кгс/см² выдержка 23 часа и сброс до 0 кгс/см², отсылка данных каждую секунду с момента нагнетания давления до момента сброса до 0, в конце отправка стоп на ПК.

команда "s" – сброс давление до 0 кгс/см² – отправленная в момент испытания останавливает его и сбрасывает давление до 0 кгс/см², отсылая данных каждую секунду с момента получения "s" до момента сброса до 0, в конце отправка стоп на ПК.

команда "r" – режим проведения испытаний "1" -> "s" -> "2" -> "3" -> "s" – она состоит из отдельных команд выше, отправив ее с ПК, данные отправляются на всем протяжении испытания "1" -> "s" -> "2" -> "3" -> "s"

Данные от микроконтроллера

Данные представляют собой 10 бит, так как АЦП 10 битное. Формула для перевода значений в кгс/см²:

$$Y = X \cdot 0,9968 \quad (3)$$

Где: Y – давление в кгс/см²

X – данные от микроконтроллера (в десятичной системе)

										Лис
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ					

0,9968 – отношение разряда к диапазону, вычисляется делением максимального значения диапазона (1019,7162 кгс/см²) на разрешающую способность АЦП (10 Бит, 1023 единицы)

Формула для перевода значений в Мпа:

$$Z = X \cdot 0,9968$$

Где: Z – давление в Мпа

X – данные от микроконтроллера (в десятичной системе)

0,0978 – отношение разряда к диапазону, вычисляется делением максимального значения диапазона (100 Мпа) на разрешающую способность АЦП (10 Бит, 1023 единицы)

Данные переводить в единицах измерения кгс/см² или Мпа лучше всего на компьютере, так как работа с дробными числами на микроконтроллере слишком ресурсозатратная.

Команда завершения испытания от микроконтроллера на рисунке 4.7

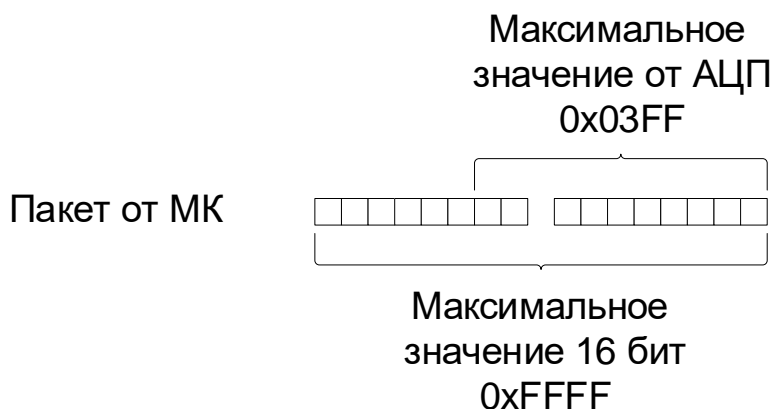


Рисунок 4.7 Команда от микроконтроллера о завершении испытаний

Так как данные для от АЦП занимают только 10 бит из двух байт данных, полное заполнение всех 16 битов можно использовать как признак завершения испытания. В конце испытания МК отправляет 0xFFFF, это служит командой на завершение испытания.

4.4 Листинг программы для микроконтроллера

Листинг программы для микроконтроллера отражен в приложении Г.

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

В экономической части дипломного проекта отражена цена разработки устройства с учетом налога на добавленную стоимость.

5.1 Расчёт структуры цены

Расчет структуры цены проводится методом прямого калькулирования с учетом законодательных актов в части ценообразования по состоянию на 27 апреля 2021 года, в масштабе цен 2021 года.

Затраты по статье «Материалы и ПКИ» рассчитаны исходя из потребностей на сырье и материалы, вспомогательные материалы и другое по цене приобретения. Затраты на покупные комплектующие изделия (далее ПКИ) приведены в Таблице 2

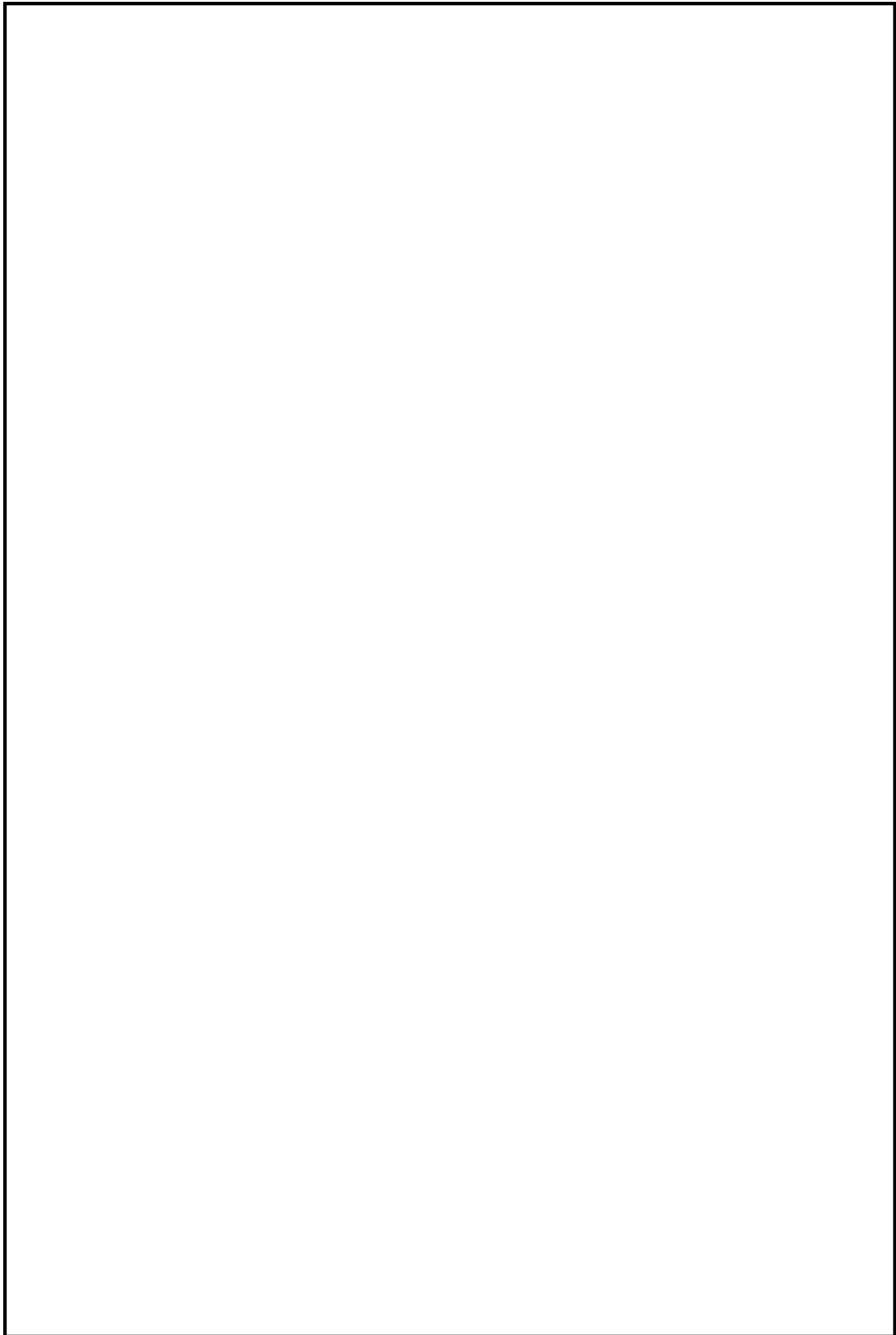
Таблица 2 Затраты на ПКИ

Наименование материалов, ПКИ и др. материальных ресурсов	Единицы измерения	Кол-во	Цена единицы (руб.)	Сумма (руб.)	Обоснование
Электромагнитный клапан SMART SM55634 Ду20 G3/4	шт.	2	3650	7300	Прайс-лист
Промышленный сенсор давления ВТП-12 100 МПа-Г-С1-П-А1-М1-К2	шт.	1	10000	10000	

Продолжение таблицы 2 Затраты на ПКИ

Пневматический насос Maximator MSF111(L)	шт.	1	130000	130000	
Пневмопривод с клапаном Нирсо 10- 15AF4	шт.	1	3000	3000	
Микроконтроллер - ATmega16-16AU	шт.	1	340	340	
Модуль питания DC/DC - AM1D-2405SZ	шт.	1	280	280	
Блок питания GST120A24-P1M	шт.	1	3090	3090	
MOSFET Полевой транзистор - IRL510	шт.	1	38	38	
Микросхема CH340G	шт.	1	90	90	
Операционный усилитель LM358M	шт.	1	20	20	
Конденсатор MCVKZ050M100EA1L	шт.	1	10	10	
Конденсатор CC0805KRX7R9BB104	шт.	1	4	4	
Конденсатор CC0805JRX7R7BB104	шт.	8	16	128	
Конденсатор CC0805FRNPO9BN220	шт.	4	5	20	
Конденсатор MCVKZ016M100CA1L	шт.	2	21	42	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



					27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Продолжение таблицы 2 Затраты на ПКИ

Катушка индуктивности B82498F1102J000	шт.	1	30	30
Индуктивность SMD NLV32T-121J-PF	шт.	1	20	20
Резистор RI0603L1002FT	шт.	1	0.6	0.6
Резистор RI0603L4873FT	шт.	1	0.5	0.5
Резистор RI0603L103JT	шт.	3	0.9	2.7
Резистор RI0603L102JT	шт.	2	0.5	1
Диод BAS416	шт.	1	13	13
Кварцевый резонатор ABLS2-14.7456MHZ- D4Y-T	шт.	1	59	59
Кварцевый резонатор ABLS-12.000MHZ-20- B4Y-T	шт.	1	48	48
PLD-6 Вилка штыревая	шт.	1	4	4
Розетка DS-201A	шт.	1	6	6
Розетка 292304-1 USB- B	шт.	1	56	56
Розетка BP-122	шт.	1	62	62
Клеммник винтовой 300-031-12	шт.	1	21	21
Клеммник винтовой 300-031-13	шт.	1	21	21

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

					27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

При среднем количестве часов в месяц в 2021 году -165 ,6 трудоемкость продолжительность работ в месяцах составила 0,2 месяца (42/165,6).

Полные расходы на оплату труда приведены в Таблице 4.

Таблица 4 Расчет расходов на оплату труда

Продолжительность (мес.)	Категория работающих ИТР и служащие			
	Кол-во участников	Трудоёмкость (чел\час)	Среднемесячный размер расходов на оплату труда одного человека	Расходы на оплату труда
0,2	3	42	30000,00	7600,00

5.1.2 Накладные расходы

К накладным расходам относятся:

- расходы на содержание аппарата работников управления (затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды);
- содержание и ремонт зданий, сооружений, и оборудования;
- амортизация на полное восстановление основных средств;
- расходы по изобретательству и рационализации;
- расходы на научно-техническую информацию и сертификацию продукции;
- расходы на охрану труда, обеспечение нормальных условий труда и техники безопасности;
- расходы на охрану (плата или содержание) пожарной, военизированной и сторожевой охраны;
- расходы на подготовку и переподготовку кадров;
- налоги, сборы, платежи другие обязательные отчисления, которые включаются в состав себестоимости работ;

-представительские расходы, по нормам, установленным законодательством России;

-затраты на командировки работников аппарата управления;

-расходы по участию в выставках (кроме стоимости экспонатов);

-оплата услуг связи, вычислительных центров;

-оплата консультационных, информационных, юридических и аудиторских услуг;

-плата за аренду в случае аренды отдельных объектов основных производственных фондов;

-плата за кредиты банков, в пределах ставки, установленной законодательством;

-плата за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

Накладные расходы определяются индивидуально по каждому предприятию и зависят от вида деятельности и составляют 150% от расходов на оплату труда.

Накладные расходы = 7600,00 * 1,5 = 11400,00 рубля.

Себестоимость работ составляет сумму всех вышеперечисленных статей.

Плановая структура цены представлена в Таблице 5.

Таблица 5 Плановая структура цены

Наименование статей затрат	Всего рубли	Доля в полной себестоимости, %
1. Комплектующие	155039,8	89%
2. Расходы на оплату труда	7600,00	4,4%
3. Накладные расходы	11400,00	6,6%
Цена реализации:	174039,80	100%

- курс технологии программирования

При выполнении ВКР были закреплены навыки работы с технической, справочной и методической литературой, действующими отраслевыми и государственными стандартами, получен опыт разработки конструкторской документации.

					27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

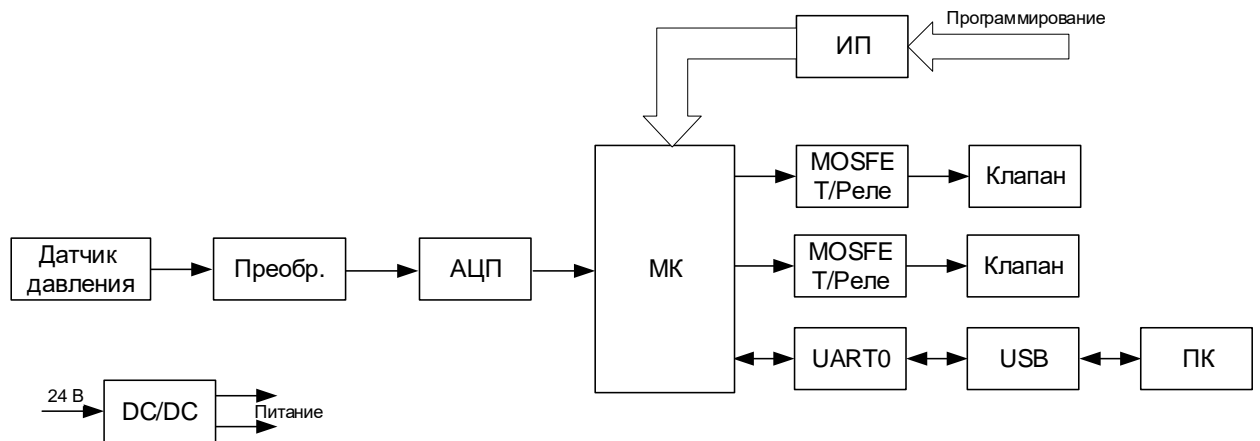
- 1) ГОСТ Р 51672-2000 Государственный стандарт Российской Федерации. Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Введен 22.11.2000г. М.: Стандартиформ, 2008
- 2) Технический паспорт SMART SM5563. Smart hydrodynamic systems.
- 3) <http://www.metronic.ru/wt/wtp12.php>
- 4) Technical Data Sheet. MSF111(L). MAXIMATOR Release 03/2012
- 5) Электронный каталог продукции «Пневмоприводы для игольчатых вентилей» ООО "Гидросистемы"
- 6) GST120A-datasheet. MEAN WELL.
- 7) ГОСТ 14.201-83 Межгосударственный стандарт. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Введён 09.02.1983г М.: Стандартиформ, 2009
- 8) Datasheet ATmega16-16AU. Microchip Technology.
- 9) Datasheet LM358M. Texas Instruments.
- 10) Datasheet WCH CH340G. DreamCity Innovations.
- 11) Павлов С. П. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности, Москва, Радио и связь, 1985.

										Лис
										60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ					

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Схема электрическая структурная



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

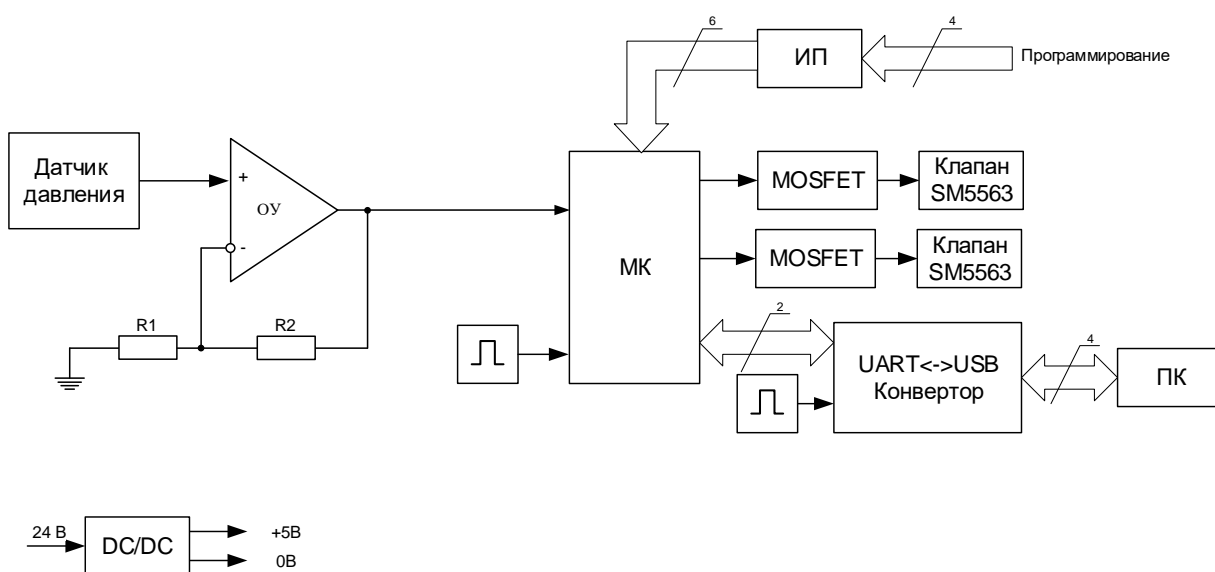
27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ

Лис.

61

Приложение Б

Схема электрическая функциональная



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ

Лис.

62

Приложение В
Перечень элементов

Перечень элементов 270304.2021.133 ПЭ является самостоятельным документом и оформлен в соответствии с ГОСТ 2.701-84 Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Схемы.

					27 03 04 2021 133 00 00 ПЭ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Приложение Г
Схема электрическая принципиальная

Схема электрическая принципиальная 270304.2021.133 ЭЗ является самостоятельным документом и оформлена в соответствии ГОСТ 2.702-2011 Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.

										Лис.
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ					

Приложение Д

Листинг программы микроконтроллера

```
//----- Хидеры (библиотеки) -----
#include <mega16a.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>

//----- Глобальные переменные -----
unsigned long int time_i=0;          // время длительности
проведения испытания в секундах
unsigned long int time_j=0;          // время длительности
проведения испытания в секундах для сравнения с текущим временем
unsigned long int time_minute=0;     // время длительности
проведения испытания для минут
unsigned char k=0;                   // таймаут для отправки
данных на ПК: 0 - каждую секунду, 1 - каждые две секунды, 2 -
каждые три секунды и т.д.

// режим 1 - 900 секунд;
режим 2 - 3600 секунд; режим 3 - 82800 секунд.

char cmd = 0;                        // команда от ПК на начало
следующих испытаний:

команды                               // 0 - режим ожидания

// "1" - давление 900
кгс/см2 выдержка 15 минут
// "2" - с шагом в 10
кгс/см2, выдержка на каждом шагу 1 мин. до давления 600 кгс/см2
// "3" - давление 600
кгс/см2 выдержка 23 часа
// "r" - режим проведения
испытаний "1" -> "s" -> "2" -> "3" -> "s"
// "s" - давление 0 кгс/см2
- данная команда отправленная в момент выполнения 1,
// 2, 3 или r останавливает
процесс испытания

unsigned int pres_data=0;             // показания датчика
давления
unsigned int pres_data_control=0;     // контрольное показание
датчика давления

//----- Настройка UART0 -----
--
//Сгенерировано встроенным генератором кода CodeWizardAVR
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)
```


Продолжение приложения Д

```
//----- USART0 для передачи данных на ПК -----  
---  
// USART буфер приема  
#define RX_BUFFER_SIZE 32  
  
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];  
  
#if RX_BUFFER_SIZE <= 256  
unsigned char rx_wr_index=0,rx_rd_index=0;  
#else  
unsigned int rx_wr_index=0,rx_rd_index=0;  
#endif  
  
#if RX_BUFFER_SIZE < 256  
unsigned char rx_counter=0;  
#else  
unsigned int rx_counter=0;  
#endif  
  
// This flag is set on USART Receiver buffer overflow  
bit rx_buffer_overflow;  
  
// USART Receiver interrupt service routine  
// USART прерывание по приему данных от ПК  
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)  
{  
char status,data;  
status=UCSRA;  
data=UDR;  
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR | DATA_OVERRUN))==0)  
{  
rx_buffer[rx_wr_index++]=data;  
#if RX_BUFFER_SIZE == 256  
// special case for receiver buffer size=256  
if (++rx_counter == 0) rx_buffer_overflow=1;  
#else  
if (rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;  
if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)  
{  
rx_counter=0;  
rx_buffer_overflow=1;  
}  
#endif  
#endif  
}  
cmd=getchar(); // в прерывании сразу считываем  
команду из буфера  
}  
  
#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_  
// Get a character from the USART Receiver buffer  
#define _ALTERNATE_GETCHAR_  
#pragma used+
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ

Лис

66

Продолжение приложения Д

```
char getchar(void)
{
char data;
while (rx_counter==0);
data=rx_buffer[rx_rd_index++];
#if RX_BUFFER_SIZE != 256
if (rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
#endif
asm("cli")
--rx_counter;
asm("sei")
return data;
}
#pragma used-
#endif

// USART Transmitter buffer
#define TX_BUFFER_SIZE 32
char tx_buffer[TX_BUFFER_SIZE];

#if TX_BUFFER_SIZE <= 256
unsigned char tx_wr_index=0,tx_rd_index=0;
#else
unsigned int tx_wr_index=0,tx_rd_index=0;
#endif

#if TX_BUFFER_SIZE < 256
unsigned char tx_counter=0;
#else
unsigned int tx_counter=0;
#endif

// USART Transmitter interrupt service routine
interrupt [USART_TXC] void usart_tx_isr(void)
{
if (tx_counter)
{
--tx_counter;
UDR=tx_buffer[tx_rd_index++];
#if TX_BUFFER_SIZE != 256
if (tx_rd_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_rd_index=0;
#endif
}
}

#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Write a character to the USART Transmitter buffer
#define _ALTERNATE_PUTCHAR_
#pragma used+
void putchar(char c)
{
while (tx_counter == TX_BUFFER_SIZE);
asm("cli")

```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение приложения Д

```
if (tx_counter || ((UCSRA & DATA_REGISTER_EMPTY)==0))
{
    tx_buffer[tx_wr_index++]=c;

#if TX_BUFFER_SIZE != 256
    if (tx_wr_index == TX_BUFFER_SIZE) tx_wr_index=0;
#endif
    ++tx_counter;
}
else
    UDR=c;
#asm("sei")
}
#pragma used-
#endif
//-----

//Переполнения Timer1 - предназначена для отчета времени
длительностью одна секунда,
// используется для подсчета времени длительности испытаний
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    // переинициализация Timer1
    TCNT1H=0x1F00 >> 8;
    TCNT1L=0x1F00 & 0xff;

    time_i++;          // с каждым прерыванием счетчик увеличивается
на 1, прерывания каждую секунду
                    // в коде программы перед каждым испытанием
счетчик будет обнуляться
}

// Настройка АЦП опорного напряжения AVCC pin (5 вольт)
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (1<<REFS0) | (0<<ADLAR))

// АЦП обработчик прерывания
interrupt [ADC_INT] void adc_isr(void)
{
    pres_data=ADCW;          // заносим полученные данные
АЦП преобразования в переменную результата
}

//----- Описание функций -----
void TestCmdF(unsigned int x, unsigned long int y)    // функция
для режима заполнения и выдержки указанное время
{
    time_i=0;          // обнуляем счетчик
времени
}
```

									Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ				68

Продолжение приложения Д

```

time_j=0; // обнуляем контрольный
счетчик времени
PORTD.2=1; // Открываем клапан на
впуск

while (pres_data<x) // условие выполняется
пока давление не достигнет указанного кгс/см2- x единицы по
таблице соответствия

{
    ADCSRA=(0<<ADSC); // Начинаем процесс АЦП
преобразования
    while (!(ADCSRA & (1<<ADIF))); // Ожидаем окончание
процесса АЦП преобразования

    if (cmd == 's') {break;}; // Если пришел стоп то
завершить цикл и выйти из испытания
    if (time_i>time_j+k) // условия проверки
времени (отчет времени для отсылки данных на ПК)
    {
        time_j=time_i; // присваиваем
контрольной переменной time_j текущее значение счетчика
        putchar(pres_data); // отправляем данные в
буфер для дальнейшей пересылки
// (отправится
самостоятельно, через прерывания, контролировать в коде не нужно)
    }
}

PORTD.2=0; // Закрываем клапан на
впуск
time_i=0; // обнуляем счетчик
времени
time_j=0; // обнуляем контрольный
счетчик времени

while (time_i<y) // условие выполняется
пока не пройдет y сек
{
    ADCSRA=(0<<ADSC); // Начинаем процесс АЦП
преобразования
    while (!(ADCSRA & (1<<ADIF))); // Ожидаем окончание
процесса АЦП преобразования

    if (cmd == 's') {break;}; // Если пришел стоп то
завершить цикл и выйти из испытания

    if (time_i>time_j+k) // условия проверки
времени (отчет времени для отсылки данных на ПК)
    {

```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27 02 04 2021 133 00 00 ПЗ

Лис

69

Продолжение приложения Д

```
        time_j=time_i;                // присваиваем
контрольной переменной time_j текущее значение счетчика
        putchar(pres_data);           // отправляем данные в
буфер для дальнейшей пересылки
    }
}

void TestCmd2(void)                  // функция для режима испытания "2" -
с шагом в 10 кгс/см2, выдержка на каждом шагу 1 мин. до давления
600 кгс/см2
{
    time_i=0;                        // обнуляем счетчик
    времени

    time_j=0;                        // обнуляем контрольный
    счетчик времени
    pres_data_control=0;             // обнуляем контрольные
    показания датчика давления
    pres_data=0;                    // обнуляем показания
    датчика давления

    while (pres_data<602)            // условие выполняется
    пока давление не будет 600 кгс/см2 (602 единицы)
    {
        if (cmd == 's') {break;};    // Если пришел стоп
    то завершить цикл и выйти из испытания
    PORTD.2=1;                      // Открываем клапан на впуск

        while (pres_data<pres_data_control+10)// ждем пока
    давление не станет больше на +10
        {
            ADCSRA=(0<<ADSC);        // Начинаем процесс
    АЦП преобразования
            while (!(ADCSRA & (1<<ADIF))); // Ожидаем окончание
    процесса АЦП преобразования

            if (cmd == 's') {break;}; // Если пришел стоп
    то завершить цикл и выйти из испытания

            if (time_i>time_j+k)      // условия проверки
    времени (отчет времени для отсылки данных на ПК)
            {
                time_j=time_i;        // присваиваем
    контрольной переменной time_j текущее значение счетчика
                putchar(pres_data);    // отправляем данные
    в буфер для дальнейшей пересылки
            }
        }
    }
```

										Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ					70

Продолжение приложения Д

```

PORTD.2=0; // закрываем клапан
на выпуск
pres_data_control=pres_data;
time_minute=time_i;
time_j=time_i;

while (time_i<time_minute+60) // ждем минуту
{
    ADCSRA=(0<<ADSC); // Начинаем процесс
АЦП преобразования
    while (!(ADCSRA & (1<<ADIF))); // Ожидаем окончание
процесса АЦП преобразования

    if (cmd == 's') {break;}; // Если пришел стоп
то завершить цикл и выйти из испытания

    if (time_i>time_j+k) // условия проверки
времени (отчет времени для отсылки данных на ПК)

    {
        time_j=time_i; // присваиваем
контрольной переменной time_j текущее значение счетчика
        putchar(pres_data); // отправляем данные
в буфер для дальнейшей пересылки
    }
}

void TestCmdS(void) // функция для режима испытания "s" -
снижения давление 0 кгс/см2
{
    PORTD.2=0; // Закрываем клапан на выпуск
    PORTD.3=1; // Открываем клапан на
выпуск
    time_i=0; // обнуляем счетчик времени
    time_j=0; // обнуляем контрольный
счетчик времени

    while (pres_data>=1) // условие выполняется
пока давление не опустится до 1 кгс/см2
    {
        ADCSRA=(0<<ADSC); // Начинаем процесс АЦП
перобразования
        while (!(ADCSRA & (1<<ADIF))); // Ожидаем окончание
процесса АЦП преобразования

        if (time_i>time_j+k) // условия проверки
времени (отчет времени для отсылки данных на ПК)
        {

```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение приложения Д

```

        time_j=time_i;                // присваиваем
контрольной переменной time_j текущее значение счетчика
        putchar(pres_data);          // отправляем данные в
буфер для дальнейшей пересылки
                                        // (отправится
самостоятельно, через прерывания, контролировать в коде не нужно)
    }
}

PORTD.3=0;                            // Закрываем клапан на
выпуск
PORTD.2=0;                            // Закрываем клапан на
впуск
    putchar(0xFFFF);                // отправляем стоп
команду - все 1 в 16 битах. Так как результат АЦП 10 бит, случая
когда 16 бит будут 1
                                        // не может произойти.
Это будет маркером окончания процесса передачи данных.
    cmd = 0;                          // завершаем испытания
    pres_data=0;
}

```

```

//-----
//-----

void main(void)
{
//-----настройка периферии сгенерировано
CodeWizardAVR-----
//-----
//-----
// Настройка портов ввода/вывода

// Port A initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In
Bit1=In Bit0=In
DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) |
(0<<DDA2) | (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) | (0<<PORTA4) |
(0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);
// Port B initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In
Bit1=In Bit0=In
DDRB=(0<<DDB7) | (0<<DDB6) | (0<<DDB5) | (0<<DDB4) | (0<<DDB3) |
(0<<DDB2) | (0<<DDB1) | (0<<DDB0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) |
(0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1) | (0<<PORTB0);

```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение приложения Д

```
// Port C initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In
Bit1=In Bit0=In
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) | (0<<DDC4) | (0<<DDC3) |
(0<<DDC2) | (0<<DDC1) | (0<<DDC0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) | (0<<PORTC4) |
(0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);

// Порт D - настроен для подключения к MAX485 и управления MOFSET
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=Out Bit2=Out
Bit1=Out Bit0=In
DDRD=(0<<DDD7) | (0<<DDD6) | (0<<DDD5) | (0<<DDD4) | (1<<DDD3) |
(1<<DDD2) | (1<<DDD1) | (0<<DDD0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=0 Bit2=0 Bit1=0 Bit0=P
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) |
(0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (1<<PORTD0);

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) | (0<<WGM01) |
(0<<CS02) | (0<<CS01) | (0<<CS00);
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 - Настроен на прерывания каждую секунду
// Clock source: System Clock
// Clock value: 57,600 kHz
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Disconnected
// OC1B output: Disconnected
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer Period: 1 s
// Timer1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) | (0<<COM1B0) |
(0<<WGM11) | (0<<WGM10);
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (0<<WGM13) | (0<<WGM12) |
(1<<CS12) | (0<<CS11) | (0<<CS10);
TCNT1H=0x1F;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ

Лис

73

Продолжение приложения Д

```

OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0<<AS2;
TCCR2=(0<<PWM2) | (0<<COM21) | (0<<COM20) | (0<<CTC2) | (0<<CS22)
| (0<<CS21) | (0<<CS20);
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) | (0<<OCIE1A) |
(0<<OCIE1B) | (1<<TOIE1) | (0<<OCIE0) | (0<<TOIE0);

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);
MCUCSR=(0<<ISC2);

// USART0 настроен на скорость 115200 БОД
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 115200

UCSRA=(0<<RXC) | (0<<TXC) | (0<<UDRE) | (0<<FE) | (0<<DOR) |
(0<<UPE) | (0<<U2X) | (0<<MPCM);
UCSRB=(1<<RXCIE) | (1<<TXCIE) | (0<<UDRIE) | (1<<RXEN) | (1<<TXEN)
| (0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) | (0<<TXB8);
UCSRC=(1<<URSEL) | (0<<UMSEL) | (0<<UPM1) | (0<<UPM0) | (0<<USBS)
| (1<<UCSZ1) | (1<<UCSZ0) | (0<<UCPOL);
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x07;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// The Analog Comparator's positive input is
// connected to the AIN0 pin
// The Analog Comparator's negative input is
// connected to the AIN1 pin
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) | (0<<ACIE) |
(0<<ACIC) | (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);

```

Продолжение приложения Д

```
// АЦП настроен на частоту выборки 921,600 kHz и прерывание после
// выборки
// ADC Clock frequency: 921,600 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) | (0<<ADIF) | (1<<ADIE)
| (1<<ADPS2) | (0<<ADPS1) | (0<<ADPS0);
SFIOR=(0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) | (0<<ADTS0);

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=(0<<SPIE) | (0<<SPE) | (0<<DORD) | (0<<MSTR) | (0<<CPOL) |
(0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) | (0<<TWEN) | (0<<TWIE);

// Разрешение глобальных переменных
#asm("sei")
/*
+++++++Основной код
программы+++++++
Все испытания, включая завершение испытаний, реализованы в виде
функций, в теле программы можно комбинировать различные виды
испытаний
меняя порядок испытания, либо добавляя новые варианты испытаний.
Данное решение позволит гибко настраивать
процесс тестирования на герметичность разных изделий.

Функция TestCmdF испытания на заполнение и дальнейшую выдержку при
вызове позволяет передавать
значение давления испытания и длительность выдержки

*/

while (1)
{
    switch (cmd) // выполнение испытаний в
// зависимости от полученной команды
    {
        case 0: // данная команда стоит по
// умолчанию - это режим ожидания.
        break; // расположенная в начале
// она зацикливает код в ожидании других команд
```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27 02 04 2021 133 00 00 ПЗ

Лис

75

Продолжение приложения Д

```

    case '1':
        900 кгс/см2 выдержка 15 минут
        TestCmdF(903, 900);
        заполнения с параметрами: давление - 903 в единицах (900 в
        кгс/см2)
        900 сек (15 минут)
        TestCmdS();
        завершения испытания
        break;
    case '2':
        900 кгс/см2, выдержка на каждом шагу 1 мин. до давления 600 кгс/см2
        TestCmd2();
        испытания 2
        TestCmdS();
        завершения испытания
        break;

    case '3':
        600 кгс/см2 выдержка 23 часа
        TestCmdF(602, 82800);
        заполнения с параметрами: давление - 602 в единицах (600 в
        кгс/см2)
        82800 сек (23 часа)
        TestCmdS();
        завершения испытания
        break;

    case 'r':
        проведения испытаний "1" -> "s" -> "2" -> "3" -> "s"
        TestCmdF(903, 900);
        заполнения с параметрами: давление - 903 в единицах (900 в
        кгс/см2)
        900 сек (15 минут)
        TestCmdS();
        завершения испытания
        TestCmd2();
        испытания 2
        TestCmdF(602, 82800);
        заполнения с параметрами: давление - 602 в единицах (600 в
        кгс/см2)
        82800 сек (23 часа)
        TestCmdS();
        завершения испытания
        break;

    case 's':
        кгс/см2
        TestCmdS();
        завершения испытания

```

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ

Лис

76

```
break;  
};  
}  
}
```

					27 03 04 2021 133 00 00 ПЗ	Лис
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77