

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Б. Масальский
подпись
«____» _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Проектирование системы учета потребления воды

Руководитель

подпись, дата

А.Н. Сочнев

должность, ученая степень

Выпускник

подпись, дата

Т.Ф. Василенкова

Нормоконтролёр

В.Н. Куликова

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

подпись

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Б. Масальский
«____» _____ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Василенковой Таисии Федоровне

Группа ФЭ 14-08Б Направление (специальность) 15.03.06

«Мехатроника и робототехника»

Тема выпускной квалификационной работы «Проектирование системы учета потребления воды»

Утверждена приказом по университету №2264/с от 14.02.2018

Руководитель ВКР А.Н. Сочнев, кафедра РиТК, к.т.н., доцент

Исходные данные для ВКР

1. 3Dпринтер Hercules
2. Технические требования к поверочной установке
3. Пакет программного обеспечения Autodesk EAGLE
4. Пакет программного обеспечения SolidWorks 2017
5. Пакет программного обеспечения ArtCAM

Перечень разделов ВКР:

Глава 1. Описание объекта управления

Глава 2. Проектирование блока А установки

Глава 3. Разработка программных и аппаратных средств

Глава 4. Проектирование блока Б установки

Глава 5. Разработка технологических процессов изготовления установки

Глава 6. Технико-экономическое обоснование

Глава 7. Безопасность и экологичность проекта

Перечень графического или иллюстрационного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов

- Лист 1 – Описание объекта исследования
- Лист 2 – Модель блока А в пакете SolidWorks
- Лист 3 - Исследование ЭПР в САЕ – системе
- Лист 4 – Описание печатной платы
- Лист 5 - Интерфейс программы управления
- Лист 5 – Модель блока Б пакете SolidWorks
- Лист 5 - Технология изготовления пресс-форм
- Лист 6 –Схема пресс-форм в пакете SolidWorks
- Лист 7 – Технико-экономическое обоснование проекта
- Лист 8 - Схема электрическая принципиальная

Руководитель ВКР

Сочнев А.Н.

Задание принял к исполнению

Василенкова Т.Ф.

«___» 2018 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Проектирование системы учета потребления воды» содержит 94 страниц текстового материала, 2 приложения, 18 использованных источников, 5 листов графического материала.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЕРКИ СЧЕТЧИКОВ ВОДЫ, РАСХОДОМЕР, СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА, ИНТЕРФЕЙС, 3D ПРИНТЕР, ПРЕСС-ФОРМА, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ РАСХОДА.

Задачи проекта:

- описание необходимых технических средств и их обоснование;
- разработка прочностного анализа конструкции установки;
- разработка измерительного блока (блок А);
- разработка компактной проточной установки (блок Б);
- разработка аппаратных и программных средств установки;
- разработка интерфейса блока А;
- изготовление пресс-форм;

В ходе дипломного проектирования была осуществлена модернизация установки с целью повышения точности измерения и упрощения процесса поверки. Исследована точность измерения в зависимости от формы и размеров внутренней камеры трубы расходомера, эргономичность установки. Доработан корпус установки, трубы расходомера. Спроектирована компактная проточная установка. Модели созданы в пакете SolidWorks и напечатаны на 3D принтер Hercules.

Была спроектирована компактная проточная установка для поверки счетчиков воды на месте эксплуатации (по адресу заказчика).

В результате была разработана установка, состоящая из двух частей (блок А и блок Б), которая позволит проверять счетчики воды со снятием на дому.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Описание объекта управления	9
1.1 Анализ существующей установки	9
1.2 Использование установки УПСЖ ЗПМ	12
1.3 Техническое обслуживание установки	17
1.4 Постановка задачи	18
2 Проектирование измерительного блока установки.....	19
2.1 Структура устройства	19
2.2 Выбор расходомера воды	22
2.3 Выбор и инженерный анализ корпуса ЭПР	25
2.4 Исследование ЭПР в САЕ – системе	28
2.5 Выбор и расположение датчиков на ЭПР. Конструирование блока А...	33
3 Разработка программных и аппаратных средств	38
3.1 Проектирование печатной платы	38
3.2 Обоснование выбора элементов	39
3.3 Расчет габаритных размеров и элементов печатной платы	42
3.3 Трассировка печатной платы с помощью САПР	47
3.5 Описание и подключение используемых компонентов	49
3.6 Описание интерфейса	52
4 Проектирование компактной проточной установки	58
4.1 Выбор и расчет насоса для установки	58
4.2 Расчет основных параметров и рабочего колеса центробежного насоса.	
Выбор прототипа центробежного насоса	59
4.3 Описание конструкции блока Б	62
5 Разработка технологических процессов изготовления установки	66
5.1 Выбор материала для изготовления элементов установки.....	66
5.2 Выбор и обоснование способа формирования изделия	67
5.3 Проектирование технологического процесса в САМ – системе	69
6 Технико-экономическое обоснование проекта	74
6.1 Расчет затрат на основное оборудование, программное обеспечение и разработку ПО	74
6.2 Затраты на заработную плату	75
6.3 Затраты на электроэнергию	77
6.4 Затраты на амортизацию оборудования	78
6.5 Расходы на аренду помещения	78
6.6 Расчет сметы на замену деталей установки	79

7 Безопасность и экологичность проекта	81
7.1 Идентификация и анализ опасных и вредных факторов	81
7.2 Снижение воздействия на оператора ЭВМ опасных и вредных факторов	81
7.2.1 Организация рабочего места	81
7.2.2 Освещение рабочего места	82
7.2.3 Расчет уровня шума	85
7.2.4 Электромагнитное и ионизирующее излучение	86
7.2.5 Микроклимат в помещении оператора	87
7.2.6 Эргономические требования к рабочему месту	88
7.3 Обеспечение электробезопасности	90
7.4 Пожарная безопасность	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	93
Приложение А	95
Приложение Б	98

ВВЕДЕНИЕ

Каждая современная организация, работающая в условиях рынка, объективно нуждается в современном и высококачественном оборудовании, которое должно обеспечивать необходимую точность измерений, удобство в работе и эргономичность.

В быту и на производствах широко используются приборы учета воды. Основные современные средства измерения объемов воды, используемыми на узлах, является тахометрические (механические) водосчетчики, ультразвуковые, электромагнитные, вихревые расходомеры-счетчики и расходомеры переменного перепада давления. Данные средства измерения, при истечении определенного времени, нуждаются в поверке.

Для этого применяются поверочные установки, превосходящие по классу точности приборов учета, на несколько порядков.

Современные установки имеют большие габариты и недостаточное количество параметров измерения (температуры, влажности, давления). Данный вид установки предусматривает поверку счетчиков без снятия. Задачей выпускной квалифицированной работы является создание новой установки, в которой предусмотрены возможности измерений всех необходимых параметров с автоматической обработкой измеряемых параметров, а так же поверки счетчиков воды со снятием.

Проблематикой данного дипломного проекта является автоматизация процесса поверки, заключающаяся в выполнении заданных функций или операций с минимальным участием человека.

1 Описание объекта управления

В данной главе рассматривается установка для поверки воды УПСЖ З ПМ, а также ее описание и способ эксплуатации.

1.1 Анализ объекта управления

Установка поверочная счетчиков жидкости (далее - УПСЖ З ПМ) предназначена для поверки на месте эксплуатации счетчиков воды, имеющих электрический выходной сигнал, возможность считывания показаний с помощью оптосчитывателя, а также информационное табло для считывания показаний визуально. Установки предназначены для проведения поверки счетчиков воды в диапазоне расходов от 0,02 до 5 м³/ч, что подходит для поверки домашних счетчиков. В зависимости от типа счетчиков поверка производится в автоматическом или полуавтоматическом режимах.

Таблица 1 - Условия эксплуатации

Температура окружающего воздуха, °C	от 15 до 25
Температура рабочей жидкости, °C	от 5 до 95
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,0
Напряжение рабочего электропитания, В	6

Основные технические характеристики установки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики

Нормируемый параметр	Характеристика
Наименьший расход, Q _{min} , м ³ /ч	0,02
Переходный расход, Q _t , м ³ /ч	0,12
Наибольший расход, Q _{max} , м ³ /ч	5,0
Рабочее давление, МПа, не более	0,63
Пределы допускаемой относительной погрешности, %, при измерении объема в диапазоне расходов от Q _{min} до Q _t	±0,5
Пределы допускаемой относительной погрешности, %, при измерении объема в диапазоне расходов от Q _t до Q _{max}	±0,33
Диаметры условных проходов проверяемых счетчиков, мм	10, 15, 20
Габаритные размеры первичного преобразователя расхода УПСЖ – РЭ, е более, мм	130x96x96
Габаритные размеры контроллера УПСЖ – К, не более, мм	155x105x55

Нормируемый параметр	Характеристика
Масса установки, не более, кг	12
Количество одновременно поверяемых счетчиков, не более	1
Напряжение питания постоянного тока, В	6
Потребляемая мощность, не более, ВА	2,0
Габаритные размеры установки, мм, не более	462x340x170

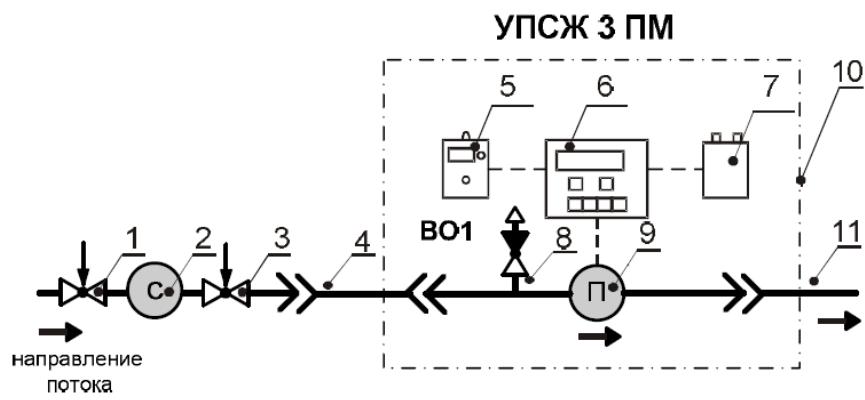
Питание установки происходит от встроенного свинцового аккумулятора (напряжение 6В, емкость 3,0 А·ч).



Рисунок 1 - Общий вид установки поверочной переносной УПСЖ 3 ПМ

Составные части установки располагаются на общем металлическом каркасе, помещенном в переносной чемодан.

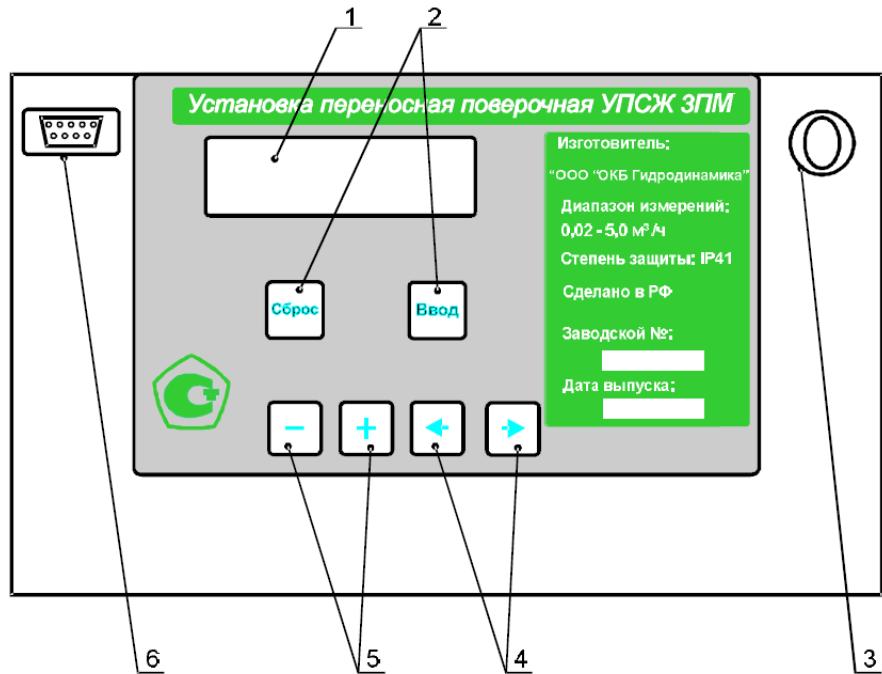
На рисунке 2 представлена функциональная схема установки. Вводной и отводной шланги 4 и 11 крепятся к первичному преобразователю расхода 9 с помощью хомутов. 7 Контроллер 6 крепится к лицевой металлической пластине, служащей для защиты от внешних механических воздействий



- 1,3 – запорная и регулирующая арматура квартирная;
- 2 – поверяемый счетчик;
- 4, 11 – вводной и отводной шланги с комплектом присоединителей;
- 5 – выносной блок управления контроллером;
- 6 – контроллер;
- 7 – аккумулятор;
- 8 – воздухоотводчик;
- 9 – первичный преобразователь расхода;
- 10 – корпус установки.

Рисунок 2 – Функциональна схема установки

Передняя панель контроллера 6 и расположение элементов управления приведены на рисунке 3. Выносной блок 5 служит для дистанционного управления процессом поверки, когда поверяемый счетчик удален от места подсоединения установки к контуру водоснабжения.



- 1 – ЖКИ;
- 2 – кнопки управления режимами работы;
- 3 – кнопка управления питанием контроллера;
- 4 – кнопки выбора параметра и разряда (значающей цифры) параметра;
- 5 – кнопки уменьшения/увеличения значения параметра;
- 6 – универсальный разъем контроллера.

Рисунок 3 – Передняя панель контроллера

Принцип действия установок поверочных переносных УПСЖ З ПМ основан на измерении объема воды с помощью первичного преобразователя расхода, включенного последовательно с поверяемым счетчиком воды в общий гидравлический тракт.

Настройка на заданный расход производится с помощью квартирной арматуры по показаниям ЖКИ контроллера.

При открытом кране вода проходит через поверяемый счетчик, первичный преобразователь расхода электромагнитного принципа действия и поступает через отводной шланг в канализацию.

Сигнал с первичного преобразователя поступает на вход контроллера, где преобразуется в значения объема (расхода), которые отображаются на ЖКИ.

Отвод воздуха на входе установки обеспечивается с помощью воздухоотводчика.

Процесс поверки (каждое измерение на текущем расходе) инициируется при нажатии кнопки «Старт/Стоп» на выносном блоке управления.

При подключении к контроллеру оптосчитывателя или импульсного выхода поверяемого счетчика процесс поверки заканчивается автоматически по мере проливки заданного объема воды.

В режиме «Старт/Стоп» процесс поверки заканчивается при нажатии кнопки «Старт/Стоп» на выносном блоке управления.

Погрешность поверяемого счетчика рассчитывается путем сравнения его показаний с показаниями контроллера установки. Результаты поверки (каждого измерения) сохраняются в архиве контроллера.

В архив записываются:

- номер протокола поверки (индивидуальный для каждого поверяемого счетчика);
- время и дата проведения поверки;
- расходы, на которых проводились измерения;
- погрешность поверяемого счетчика.

1.2 Использование установки УПСЖЗ ПМ

Проверка счетчиков, находящихся непосредственно на месте их эксплуатации, проводится согласно МИ 1592-2015 «Счетчики воды. Методика поверки» или ГОСТ 8. 156-83 «Счетчик холодной воды. Метод и средства поверки».

Перед началом поверки необходимо провести предварительную подготовку. При проверке счетчиков, оборудованных узлом оптоэлектронного съема сигналов, в первую очередь необходимо установить оптосчитыватель на поверяемый счетчик и подключить его кабель ко входу измерительного канала контроллера (рисунок 2, позиция 6).

Следом необходимо открыть запорную арматуру (рисунок 2, позиция 3) и произвести удаление воздуха из гидравлического контура установки. Контроль осуществляется визуально по отсутствию пузырьков воздуха в отводном шланге установки (рисунок 2, позиция 9). После этого установка готова к использованию.

Следующим шагом необходимо включить питание установки (рисунок 3, позиция 3). После появления на ЖКИ контроллера сообщения «Режим поверки приборов» нажать кнопку «ВВОД». Появиться следующее сообщение:



Рисунок 4 – Номер протокола

Номер протокола автоматически устанавливается на единицу больше номера протокола поверки предыдущих счетчиков. После того, как высветиться данное окно, необходимо нажать кнопку «ВВОД». На ЖКИ появиться следующее сообщение:

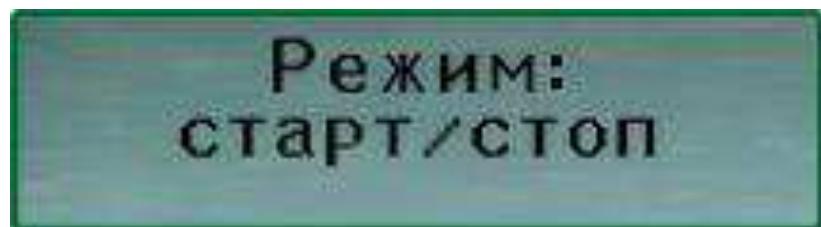


Рисунок 5 – Режимы работы

С помощью кнопок “←” и “→” выбрать «Импульсный режим»

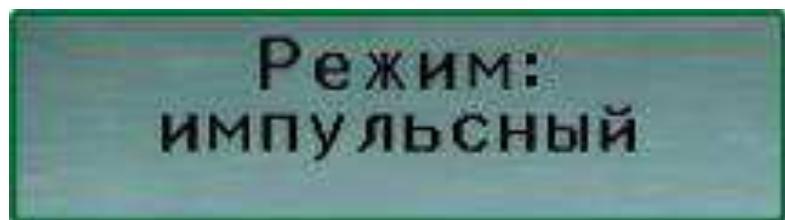


Рисунок 6 – Импульсный режим

После того как на ЖКИ высветиться окно (рисунок 6), нужно нажать кнопку «ВВОД». После нажатия на экране появиться:



Рисунок 7 – Ввод объема воды

В данное окно, изображенное на рисунке 7, необходимо ввести коэффициенты преобразования поверяемого счетчика и нажать кнопку «ВВОД». Если значение коэффициента преобразования превышает введенное значение объема, на ЖКИ появляется сообщение (рисунок 8).

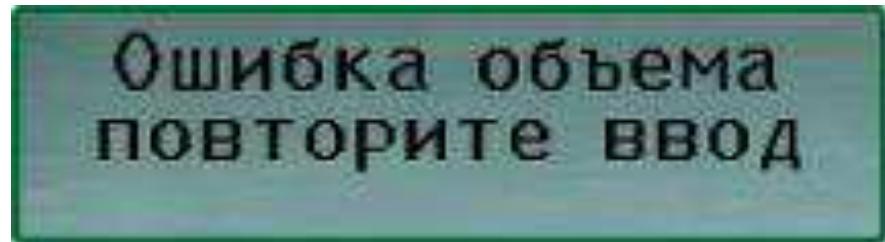


Рисунок 8 – Ошибка ввода

После корректного ввода значения объема и коэффициента преобразования на ЖКИ контроллера и выносного блока появится значение текущего расхода воды, измеряемого установкой.

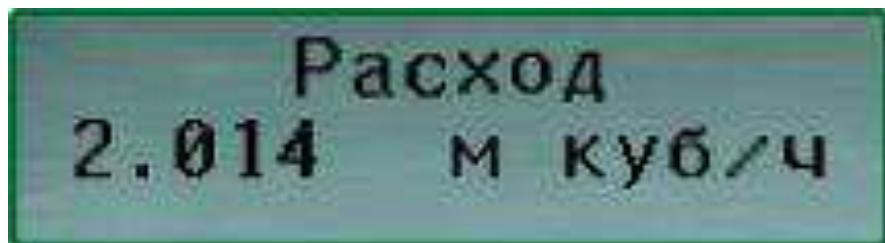


Рисунок 9 – Текущее значение расхода воды

С помощью квартирной запорной арматуры (рисунок 2, позиция 3) установить требуемый поверочный расход. Для возврата к предыдущему шагу нажать кнопку «СБРОС».

Запуск процесса измерения производится нажатием кнопки «Ввод». Появляется сообщение:



Рисунок 10 – Ожидание импульсов

После прихода первого импульса от поверяемого счетчика на ЖКИ контроллера появляется значение объема воды, измеренного установкой

(верхняя строка) и время, прошедшее с начала измерения в секундах (нижняя строка).



Рисунок 11 – Значение текущих импульсов

На ЖКИ выносного блока управления высвечивается значение объема в литрах, измеренного установкой.

При достижении заданного объема воды, измеренного поверяемым счетчиком, процесс текущего измерения заканчивается. На ЖКИ контроллера появляются значения объемов воды, измеренных установкой (верхняя строка), время, прошедшее с начала измерения в секундах (слева в нижней строке), и значение погрешности поверяемого счетчика (справа в нижней строке).

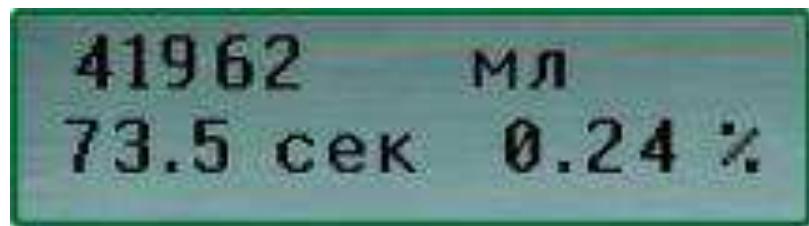


Рисунок 12 – Измеренные значения

На ЖКИ выносного блока управления высвечивается значение погрешности поверяемого счетчика.

Погрешность δ_i , %, рассчитывается по формуле:

$$\delta_i = \frac{V_{\Pi} - V_{\Theta}}{V_{\Theta}} \cdot 100 \quad (1.1)$$

где: V_{Π} – объем воды, измеренный поверяемым счетчиком, m^3 ;

V_{Θ} – объем воды, измеренный установкой, m^3 .

Для выполнения следующих измерений на текущем расходе нажать кнопку «Ввод» на контроллере или «Старт/Стоп» на выносном пульте управления. В этом случае процесс измерения возобновляется. Для проведения

измерений на следующем значении расхода, либо для завершения процесса поверки нажать кнопку «СБРОС».

На ЖКИ контроллера высвечивается надпись:



Рисунок 13 –Экран ЖКИ

При нажатии кнопки «ВВОД» процесс измерения начинается на новом значении поверочного расхода с рисунка 7. При нажатии кнопки «СБРОС» процесс поверки прибора заканчивается, номер протокола поверки увеличивается на единицу. Далее процесс поверки возобновляется с рисунка 4.

1.3 Техническое обслуживание установки

Техническое обслуживание проводится для обеспечения технических и нормируемых метрологических характеристик установки.

Техническое обслуживание включает в себя:

- внешний осмотр;
- зарядка аккумуляторной батареи;
- периодическая поверка;
- ремонт;
- консервация при длительном хранении.

Внешний осмотр проводится каждый раз перед началом эксплуатации установки и включает в себя:

- проверку целостности пломб;
- проверку состояния вводного и отводного шлангов, разъемов и соединительных кабелей;
- проверку отсутствия механических повреждений.

По мере необходимости проводится профилактический осмотр проточной части первичного преобразователя УПСЖ-РЭ. При наличии осадка промыть проточную часть слабым раствором щавелевой или лимонной кислоты.

Уровень заряда аккумуляторной батареи индицируется при включении питания установки. Подзарядка аккумулятора осуществляется с помощью блока питания, входящего в состав установки. Время полного заряда составляет около 15 часов. При разрядке аккумулятора до уровня 10% от максимального

подается предупреждающий звуковой сигнал, на ЖКИ контроллера появляется сообщение «Аккумулятор разряжен» и по истечении 20 секунд питание установки отключается.

Подтверждение пригодности установки к использованию по назначению производится при проведении поверки с периодичностью не реже одного раза в 12 месяцев по методике, приведенной в документе «Инструкция. ГСИ. Установки поверочные переносные УПСЖ З ПМ. Методика поверки. УЗПМ.00.001 МП».

Ремонт составных частей установки производится предприятием-изготовителем установки либо специализированной организацией, имеющей лицензию на ремонт. После ремонта в руководстве по эксплуатации делается соответствующая отметка с указанием даты, причинах выхода из строя элементов и характере произведенного ремонта. По окончании ремонта перед вводом в эксплуатацию установка подвергается первичной поверке.

При длительном хранении следует соблюдать условия, приведенные в разделе.

Предварительно составные части изделия, имевшие контакт с водой, необходимо просушить.

1.4. Постановка задачи

Целью работы является разработка универсальной установки для поверки счетчиков воды, позволяющей поверять счетчики воды как без демонтажа счетчиков, так и с демонтажем счетчиков на время проведения их поверки.

При выполнении работы необходимо выполнить следующие задачи.

1. Ознакомление с документацией поверочных установок.
2. Анализ и выбор эталонного преобразователя расхода.
3. Разработка печатной платы.
4. Разработка программного обеспечения.
5. Разработка конструкции установки.
6. Обоснование экономического эффекта установки.
7. Исследование вопросов безопасности при работе с установкой.

2. Проектирование измерительного блока установки

Устройство относится к области приборостроения, а именно к технике измерения потоков жидкости электромагнитным методом и предназначена для поверки счетчиков воды, установленных на месте эксплуатации, методом сравнения объема воды, измеренного поверяемым счетчиком и установкой. Использование конструкции из двух блоков А и Б позволяет создать расход воды, необходимый для поверки счетчиков воды с демонтажем.

Проверочная установка переносного типа содержит два узла: поверочный (далее - блок А), содержащий эталонный расходомер жидкости, и узел воспроизведения расхода воды (далее – блок Б). Блок А может использоваться для поверки расходомеров и счетчиков воды без снятия, а также при присоединении к блоку Б для поверки со снятием поверяемых устройств и установкой на прибор по индивидуальным методикам поверки расходомеров и счетчиков воды.

2.1 Структура устройства

Блок А состоит из Измерительно-Вычислительного Комплекса (ИВК), представляющего собой прибор со встроенными в его корпус контроллером, имеющим жидкокристаллический дисплей; электромагнитным преобразователем расхода (ЭПР); измерительными преобразователями, предназначенными для измерения: текущего значения расхода воды, объема измеренной воды, текущего значения температуры измеряемой среды, текущего значения температуры окружающей среды, текущего значения давления окружающей среды, текущего значения относительной влажности окружающей среды, времени; вводного и отводного шланга; быстросъемных зажимов и фитингов; запорной арматуры. Блок А можно использовать при поверке счетчиков воды без демонтажа с места установки, как самостоятельное устройство.

Встроенное программное обеспечение установок поверочных переносных автоматизированных УППА-1 предназначено для обработки сигналов, выполнения математической обработки результатов измерений, обеспечения взаимодействия с периферийными устройствами, хранения результатов измерений и их вывода на дисплей установки.

Измеренная величина параметров выводится на дисплей установки и/или через интерфейсы связи (USB, Bluetooth, Wi-Fi).

2.2 Выбор расходомера воды

Для тщательного учета расходуемых ресурсов, в нашем случае воды, используют расходомеры. Расходомер необходим для управления производством, без них нельзя обеспечить оптимальный режим технологический процессов. Так же эти приборы используют для автоматизации производства и достижения максимальной эффективности.

Обязательным условием производства прибора учета является их соответствие требованиям ГОСТа. В зависимости от уровня точности показаний водные счетчики подразделяются на несколько классов: А, В, СиД. Самую высокую точность обеспечивает класс D, низкую класс А.

Расходомеры бывают самых разнообразных конструкций. Принцип их работы может быть основан на использовании непрерывности механизмов, на основе физических явлений или на гидродинамической методике.

Измерения объема жидкости, проходящей по трубам, определяется несколькими задачами: технологическими, коммерческими и экологическими. Для правильного выбора расходомера необходимо четко понимать основные требования, которые к немы будут предъявлены.

Сейчас расходомеры набирают большую популярность, и поэтому на рынке можно встретить большое разнообразие приборов учета. Наиболее распространенным является следующие виды:

- 1) тахометрические расходомеры воды;
- 2) силовые расходомеры воды;
- 3) электромагнитные расходомеры воды.

Тахометрические расходомеры воды. Тахометрическими называют приборы, в которых скорость движения рабочего тела пропорциональна объему расхода измеряемой среды. Рабочее тело – преобразователь расхода (крыльчатка, турбинка, шарик и т.п.) вращается под действием потока. При измерении скорости подвижного элемента получаем расходомер, а измеряя общее количество его оборотов – счетчик количества прошедшей жидкости.

Тахометрические расходомеры делятся:

- турбинные;
- шариковые;
- камерные;
- крыльчатые.

Для создания тахометрического расхода скорости движения элемента предварительно преобразуют в сигнал, пропорциональный расходу и удобный

для измерения. Для данного устройства (рисунок 14) свойственный двухступенчатый преобразователь расхода:

- первая ступень — турбинка (шарик или другой элемент), скорость движения которой пропорциональна объемному расходу;
- вторая ступень — тахометрический преобразователь, который вырабатывает измерительный сигнал (частоту электрических импульсов), пропорциональный скорости движения тела.

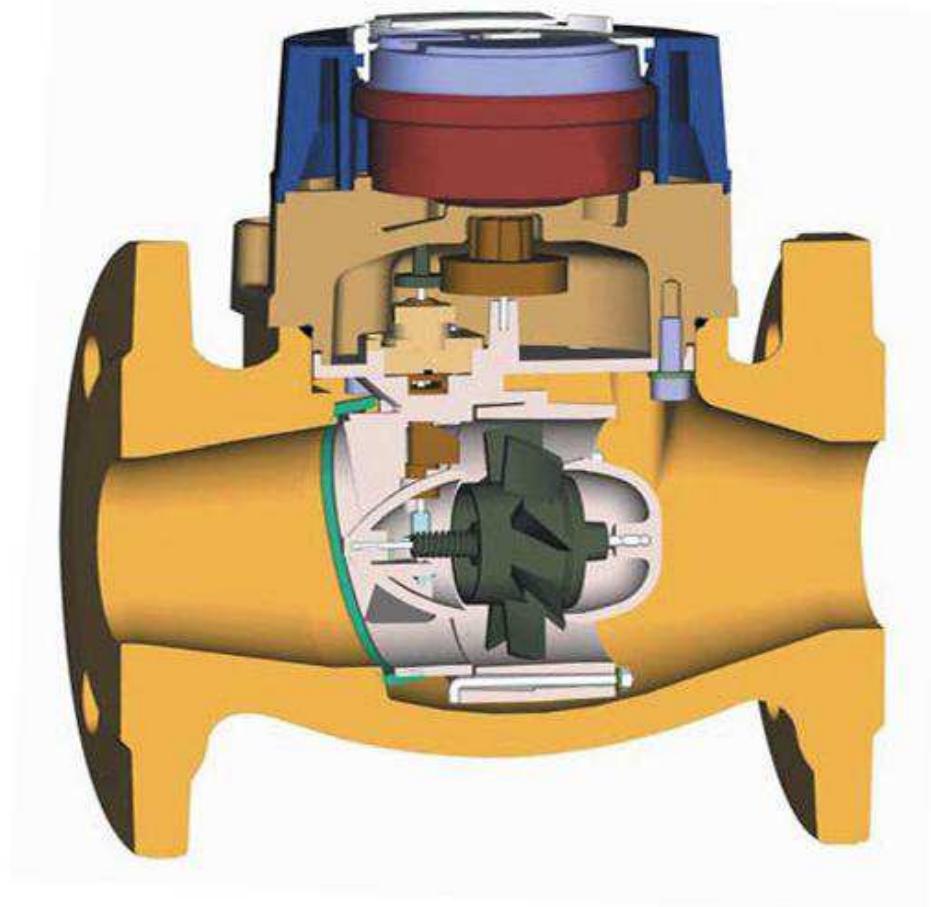
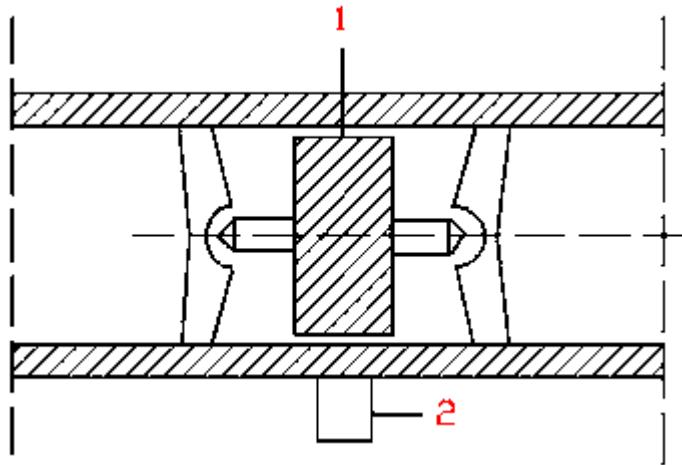


Рисунок 14 – Внешний вид тахометрического учета воды

Тахометрические расходомеры применяются для расхода различных жидкостей, причем некоторые разновидности могут использоваться для загрязненных жидкостей. Наиболее широко они используются для учета индивидуального потребления горячей и холодной воды в домашних условиях.

Их существенным достоинством является, высокая точность и небольшой диапазон измерений. У таких приборов учета погрешность составляет $\pm 0,5\%$.

Это объясняется тем, что преобразователь почти не нагружает ось турбинки (рисунок 15)



1 – турбинка,
2 - тахометр

Рисунок 15 - Принципиальная схема турбинного тахометрического расходомера

Основные достоинства данного типа расходомера являются:

- простота конструкции;
- возможность измерения расхода жидкости, содержащие механические примеси.

Им также свойственны следующие недостатки:

- зависание чувствительного элемента в отверстии по оси потока и возможное прекращение его вращения;
- увеличение амплитуды колебаний подвижного элемента и как следствие удары о стенки измерительной камеры;
- сложности с обеспечением надежности преобразователя частоты вращения подвижного элемента в частотный выходной сигнал.

Силовые расходомеры воды. Силовые расходомеры – расходомеры в которых при помощи воздействия, зависящего от массы расхода, потоку сообщается ускорение того или другого рода параметр, который характеризует степень этого воздействия или его эффект. Ускорение потока возникает в процессе изменения его первоначального эффекта В зависимости от характера изменения и сообщаемого ускорения силовые расходомеры делаются на:

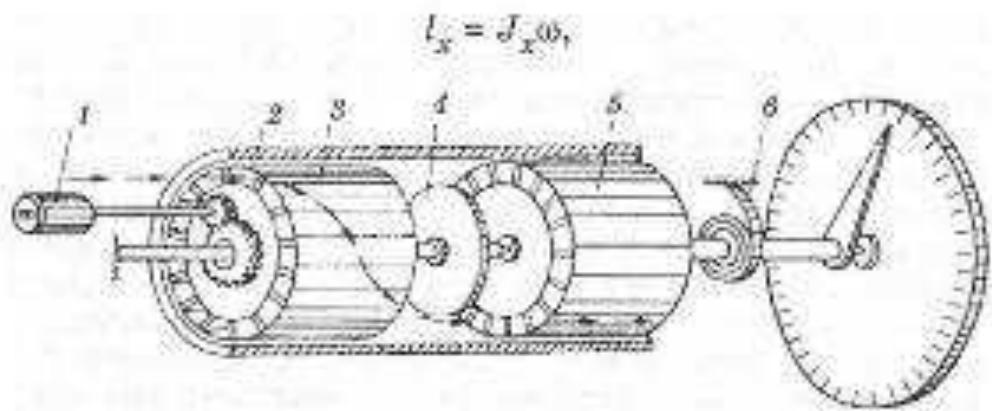
- кориолисовые;

- гироскопические;
- турбо – силовые

Силовые воздействия делятся на два типа: внешние и внутренние. Внешние воздействия сообщаются от электродвигателя, который вращает один из элементов преобразователя расхода, а внутренние воздействия осуществляются за счет снижения потенциальной энергии потока. Дополнительное ускорение, сообщаемое потоку, пропорционально массовому расходу.

Измерение массового расхода – основное достоинство силовых расходомеров. Так же они пригодны для измерения среднего значения пульсирующего расхода и их показатели мало зависят от профиля скорости. Благодаря этому в данных учетах расхода не требуются прямые участки.

У турбосиловых расходомеров один из элементов (ротор, крыльчатка) должен непрерывно вращаться. У кориолисовых же и гироскопических в некоторых случаях ограничиваются лишь непрерывными колебаниями подвижного элемента вокруг оси.



- 1 – электродвигатель
- 2 – трубопровод
- 3 – ротор,
- 4 – неподвижный диск,
- 5 – ротор,
- 6 – пружина

Рисунок 16 - Принципиальная схема турбосилового расходомера

На рисунке 16 показана принципиальная схема силового расходомера при внешнем силовом воздействии. Внутри трубопровода 2 установлен ротор 3 с малым радиальным зазором, имеющий каналы для прохода жидкости, разделенные перегородками, параллельными его оси, или же выполненный в

виде прямолопастной крыльчатки. Ротор вращается от электродвигателя 1 с угловой скоростью ω и закручивает жидкость, которая приобретает винтовое движение, показанное стрелками. Далее жидкость поступает на ротор 5, закрепленный на пружине 6, и закручивает последнюю на угол ω , пропорциональный массовому расходу. Неподвижный диск 4 уменьшает вязкостную связь между роторами.

Главный момент количества движения жидкости J_x относительно оси вращения роторов определяется выражением:

$$J_x = J_x \cdot \omega, \quad (2.1)$$

где J_x — момент инерции закручиваемой жидкости относительно оси вращения;
 ω — угловая скорость вращения жидкости.

Недостаток силовых расходомеров — сложность конструкции их преобразователей расхода и большое число вращающихся элементов внутри трубопровода.

Электромагнитные расходомеры. Электромагнитный прибор учета воды — технологический прибор, который широко используется для учета расхода теплоносителя, измерения показателей жидкости. Несомненными достоинствами подобных систем являются: реализация конструкции с применением минимального количества механических элементов, отсутствие гидродинамического сопротивления, высочайшая точность регистрации показателей.

Работа электромагнитного расходомера заключается в фундаментальном законе электродинамики — постулат Фарадея. Он гласит: если проводник движется в электромагнитном поле, то возникает электродвижущая сила, которая пропорциональна скорости движения проводника (рисунок 17).

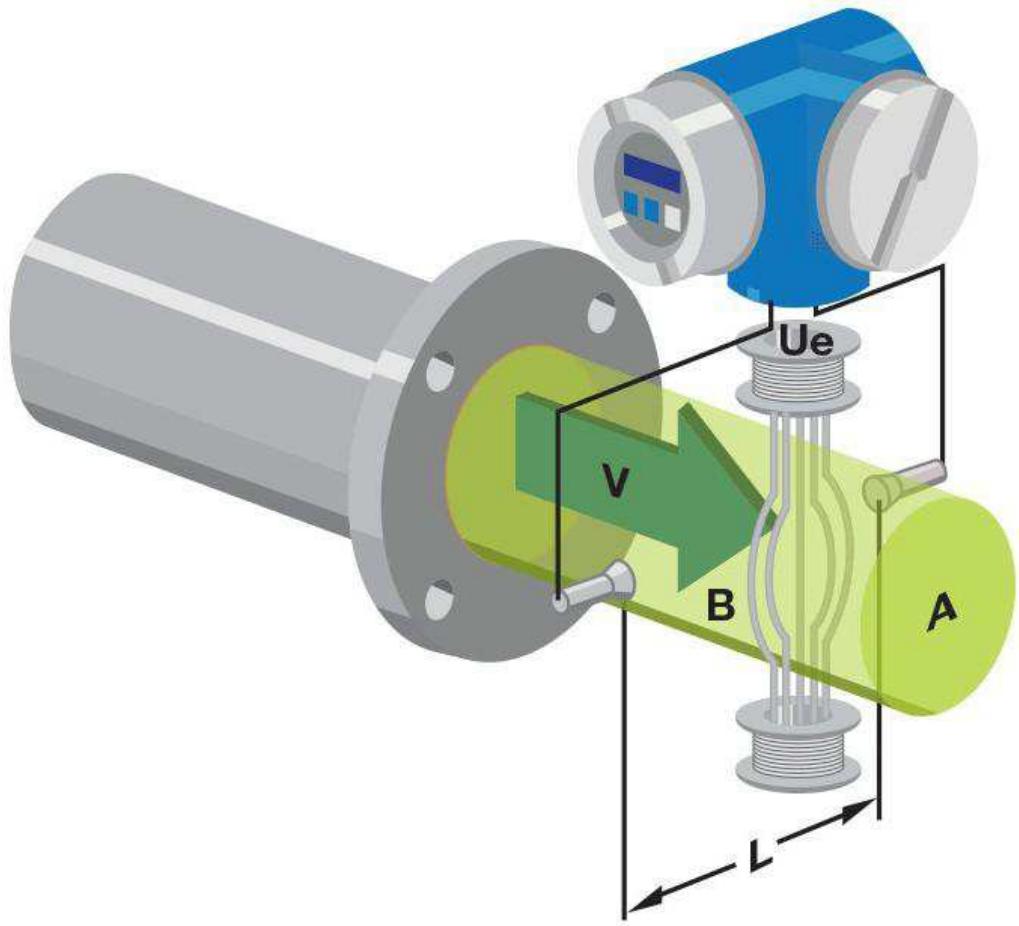


Рисунок 17 – Принцип действия электромагнитного расходомера

В качестве проводника электрического тока в счетчике выступает поток какой-либо жидкости или среды. Главное, чтобы ее проводимость была не ниже 10^{-3} см/м. Жидкость, протекая по трубе, которая расположена между постоянными или электрическими магнитами, создает электродвижущую силу. ЭДС заставляет вращаться циферблат, который и показывает точные показания. В устройствах с жидкокристаллическим дисплеем значение ЭДС умножается на переводной коэффициент.

2.3 Выбор и инженерный анализ корпуса электромагнитного ЭПР

Проектируемая установка относится к области расходоизмерительной техники, в частности, к установкам, предназначенным для испытаний, поверки и калибровки расходомеров и счетчиков воды различных типов в диапазоне измерений установки.

Проверочная установка переносного типа содержит два узла: поверочный (далее - блок А), содержащий эталонный расходомер жидкости, и узел воспроизведения расхода воды (далее – блок Б). Блок А может использоваться

для поверки расходомеров и счетчиков воды без снятия, а также при присоединении к блоку Б для поверки со снятием поверяемых устройств и установкой на прибор по индивидуальным методикам поверки расходомеров и счетчиков воды. Блок А содержит эталонный преобразователь расхода (ЭПР), набор микросхем для обработки показаний ЭПР и вывод на индикаторы и средства управления установкой.

Так как мы проектируем устройство для поверки счетчиков воды, нам необходим специальный ЭПР, к которому будут встроены датчики температуры измеряемой среды. Корпус ЭПР представлен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Внешний вид расходомера

В работе используются электромагнитные расходомеры с измеряемой ЭДС, индуцируемой в жидкости в процессе пересечения жидкостью магнитного поля. В участок трубы из немагнитного материала, изнутри покрытого неэлектропроводной изоляцией и расположенного между полюсами магнита, устанавливаются два электрода перпендикулярно потоку жидкости по направлению расположения силовых линий магнитного поля. При этом вычисляется разность потенциалов на электродах, которая прямо пропорциональна объемному расходу. Постоянное магнитное поле применяют для вычисления расхода расплавленных металлов.

Внутренняя часть ЭПР (рисунок 19) имеет форму трубки, сужающуюся к центру. Рассматриваемый принцип измерения заключается в том, что при протекании потока через отверстие сужающего устройства повышается скорость потока по сравнению со скоростью до сужения. В проводнике (воде), движущемся в магнитном поле возникает ЭДС. Чем выше скорость потока воды, тем выше ЭДС.

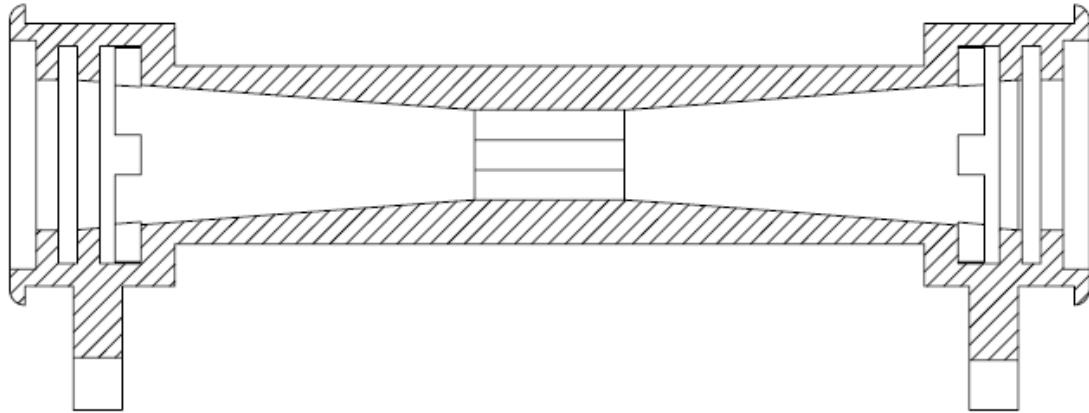


Рисунок 19 – Внутренняя часть ЭПР

Использование рассматриваемого метода измерения требует выполнения определенных условий:

- характер движения потока до и после сужающего устройства должен быть равномерным, должны быть предусмотрены прямые участки до и после сужающего устройства;
- поток должен полностью заполнять все сечение ЭПР;
- фазовое состояние потока не должно изменяться при его течении через сужающее устройство;
- во внутренней полости ЭПР до и после сужающего устройства не образуются осадки и другие виды загрязнения;
- на поверхностях сужающего устройства не образуются отложения, изменяющие его геометрию.

После сечения струя сужается, следовательно, средняя скорость потока возрастает.

В расположенный между полюсами магнита участок трубы, изготовленный из материала, не подверженного намагничиванию (в нашем случае пластик ABS), изнутри покрытый изоляцией, не проводящей электрические токи, устанавливают два электрода перпендикулярно относительно потока среды.

2.4 Исследование ЭПР в САЕ - системе

Самостоятельная разработка ЭПР привела к удешевлению расходомера по сравнению с аналогичными по точности приборами.

Для того, чтобы провести подробный анализ детали, необходимо воспользоваться САЕ – системой. САЕ (англ. Computer- aided engineering) — общее название для программ, предназначенных для инженерных расчётов конструкций и анализа физических процессов, связанных с ними. САЕ- системы могут применяться совместно с CAD- системами. Одной из таких CAD- систем является SolidWorks со встроенными САЕ- модулями. При помощи SolidWorks Simulation проводим: статический анализ и термическую проверку.

Статический анализ. Чтобы провести статический анализ, в первую очередь нам необходимо задать материал детали. Свойства пластика ABS изображены на рисунке 20.

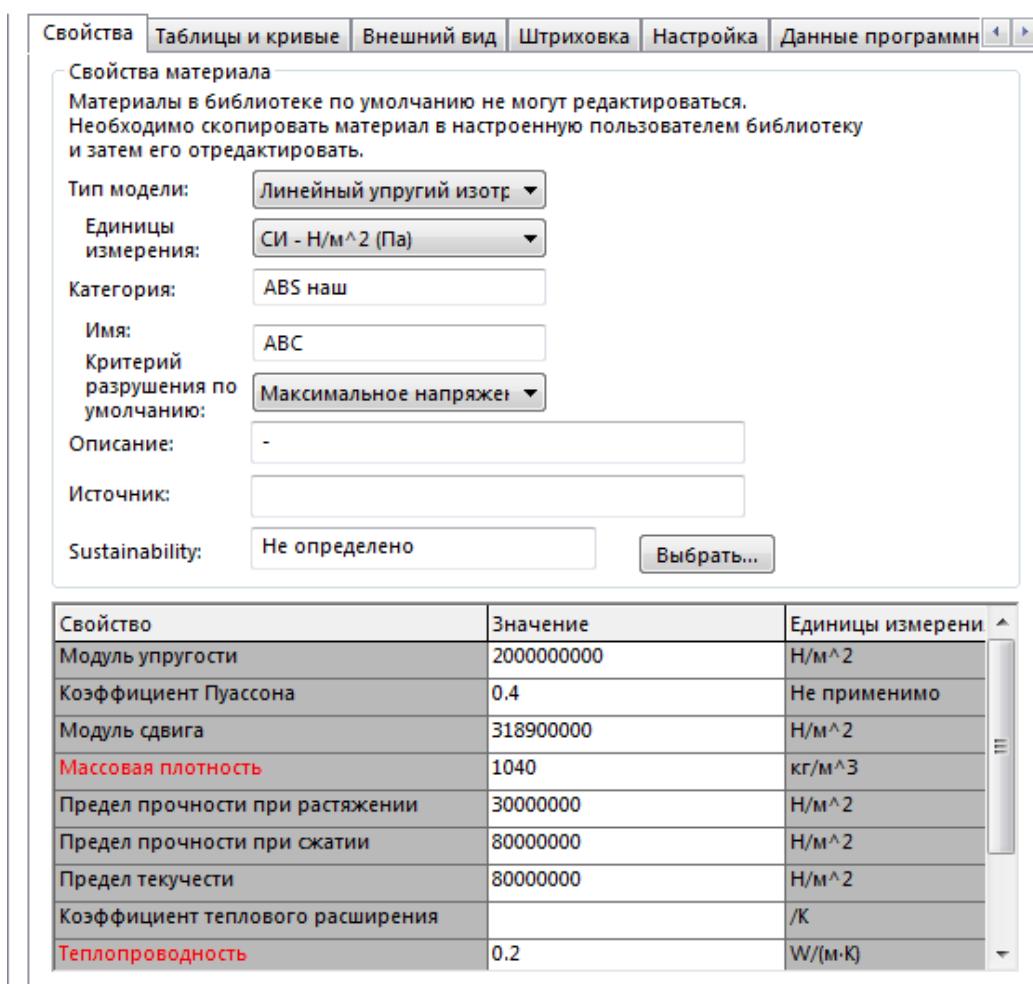


Рисунок 20 – Свойства пластика ABS

Для статического анализа необходимо применить достаточные фиксирующие ограничения, чтобы стабилизировать модель. В нашем случае фиксация детали изображена на рисунке 21.

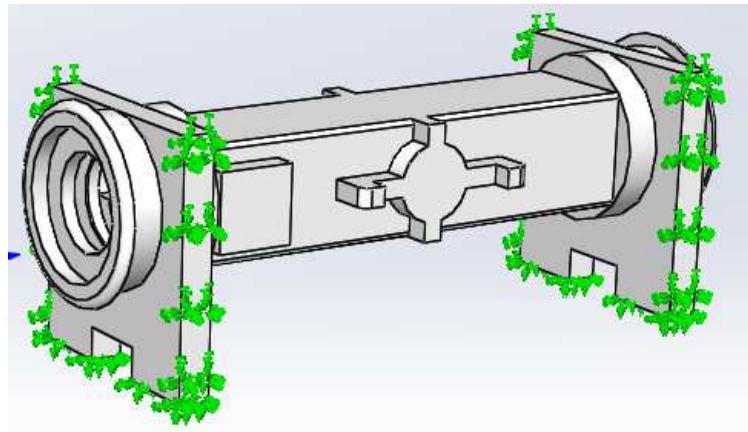


Рисунок 21 – Назначение крепление детали

Поскольку внутри ЭПР будет проходить вода, то и давление будет приложено к внутренним стенкам. $16 \text{ кгс}/\text{м}^2$ - значение поданного давления. Приложенное давления изображено красными стрелочками на рисунке 22.

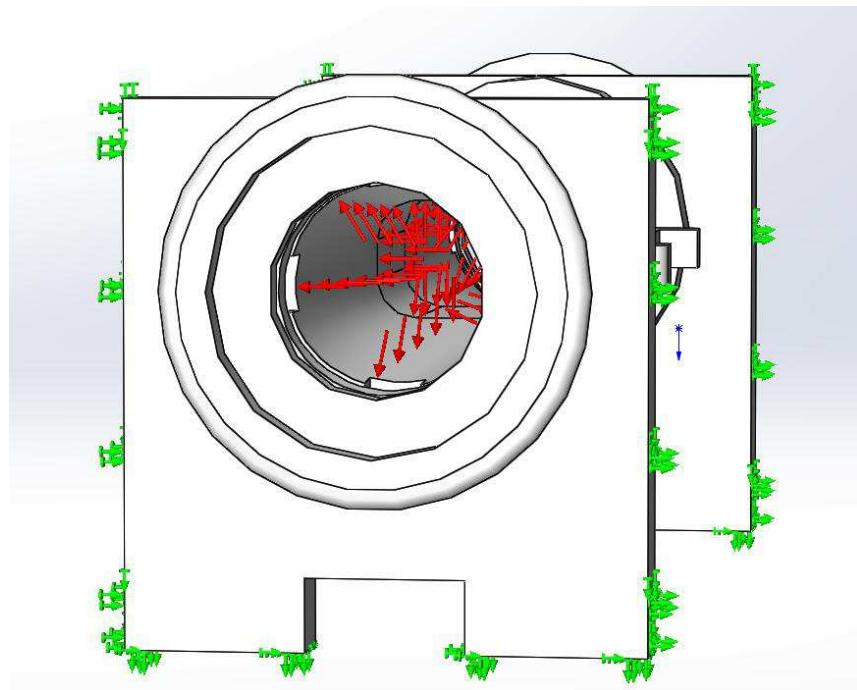


Рисунок 22 – Приложение давления на деталь

Для построения дискретной математической модели, адекватно отражающей физическую сущность и свойства исследуемой конструкции, применяется метод конечных элементов. Важнейшим элементом этой модели

является конечно-элементная дискретизация изделия с помощью совокупности конечных элементов заданной формы и объединённых в единую систему, называемую конечно-элементной сеткой (рисунок 23).

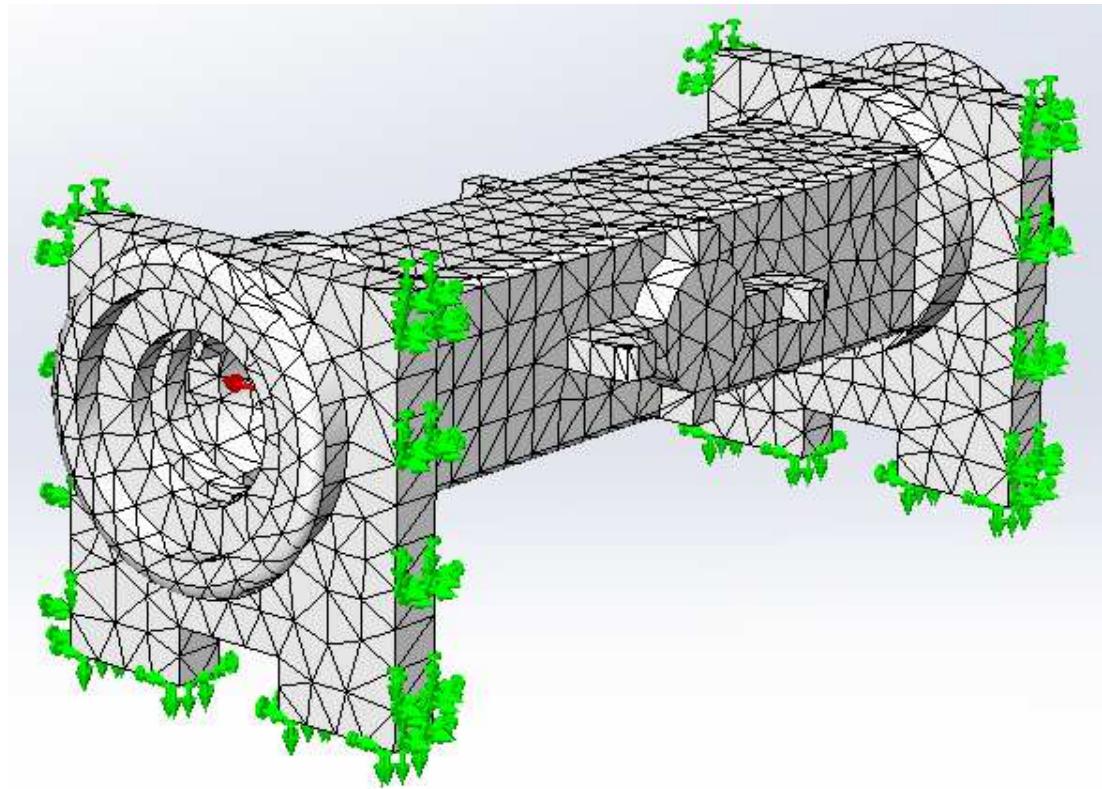


Рисунок 23 – Создание сетки детали

Эпюра напряжения создается на деформированной форме, что позволяет увидеть в каких местах деталь более уязвима. На рисунке 24 видно, что глобальное значение напряжения по Мизесу достигает примерно $7.171e+0.06$ Н/м², что 89% от предела текучести пластика ABS($8.000e+0.06$ Н/м²). А значит, данные значения допустимы.

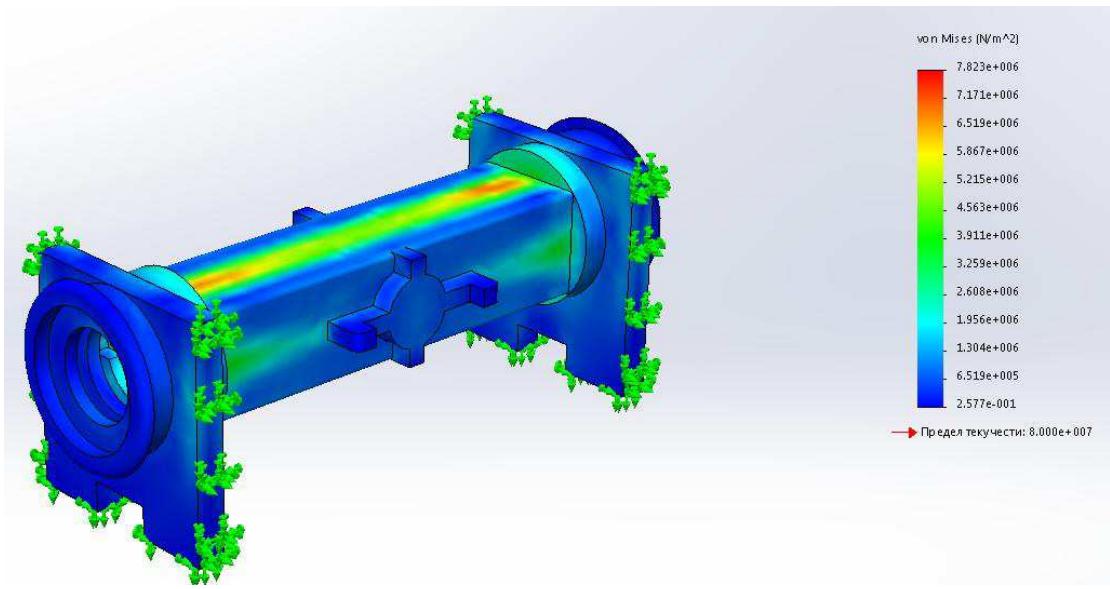


Рисунок 24 – Просмотр эпюры напряжения детали

На рисунке 25 можно увидеть эпюру перемещения детали при заданном давлении.

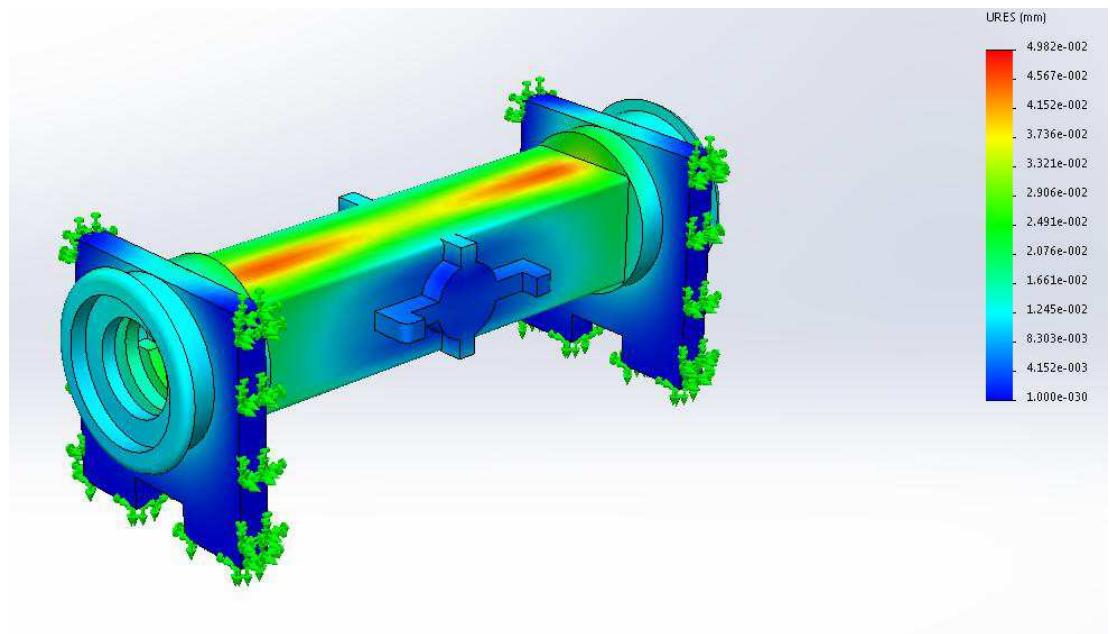


Рисунок 25 – Просмотр эпюры перемещения детали

По рисунку 26 можно увидеть эпюру деформации ЭПР. На нем видно, что деталь не подвергается большой деформации.

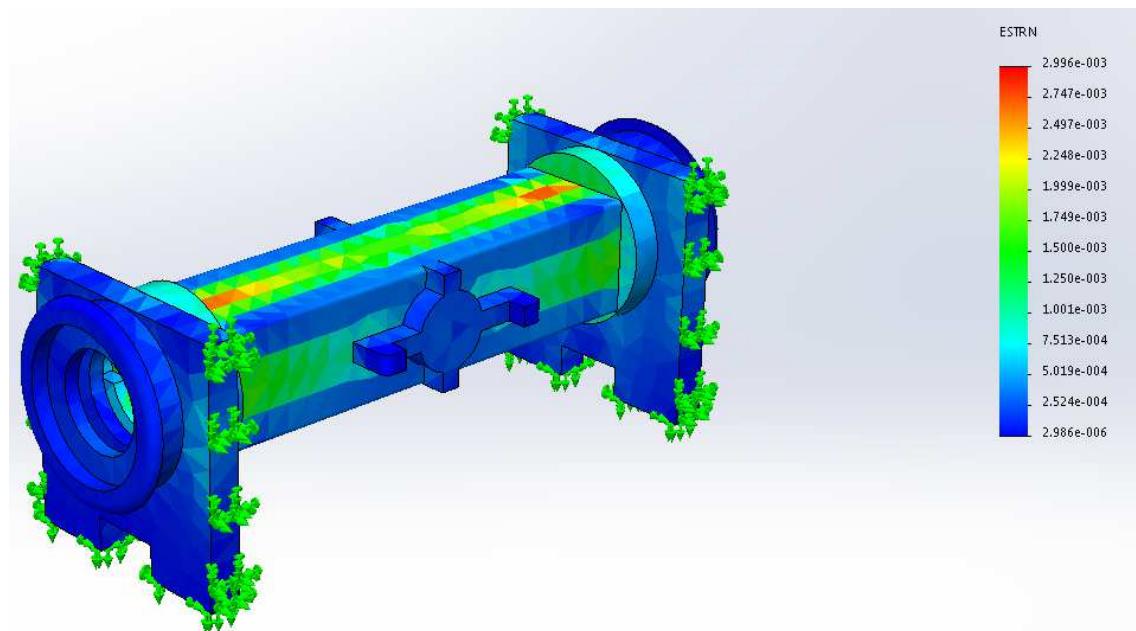


Рисунок 26 – Проверка деформации детали

Одним из наиболее важных параметров проверки - проверка на прочность (рисунок 27). Здесь видно, что при заданных параметрах деталь выдержит приложенные нагрузки.

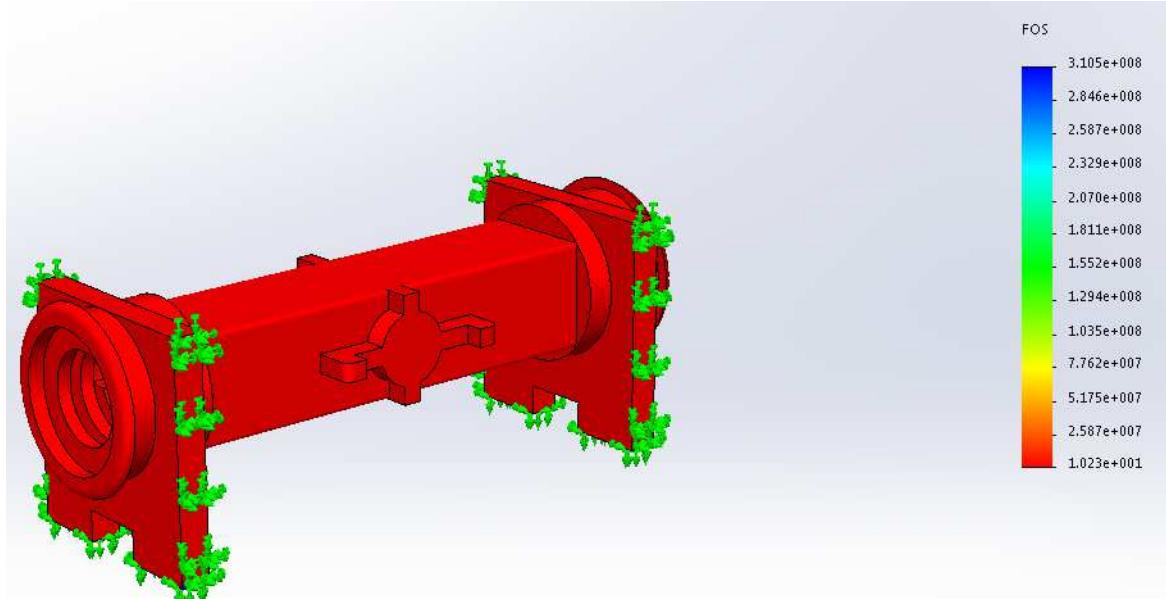


Рисунок 27 – Проверка детали на прочность

Проведя статический анализ можно сделать вывод: эталонный преобразователь расхода будет работать нормально при заданных параметрах.

Термическое исследование. Для проведения термического исследования мы возьмем максимальную температуру, которой может, подвергается наша деталь - 100°C. Температура будет действовать на внутренние стенки ЭПР, так

как там будет протекать вода. Крепление, сетку и материал детали будет аналогичным с статическим анализом. Термическое исследование изображено на рисунке 28.

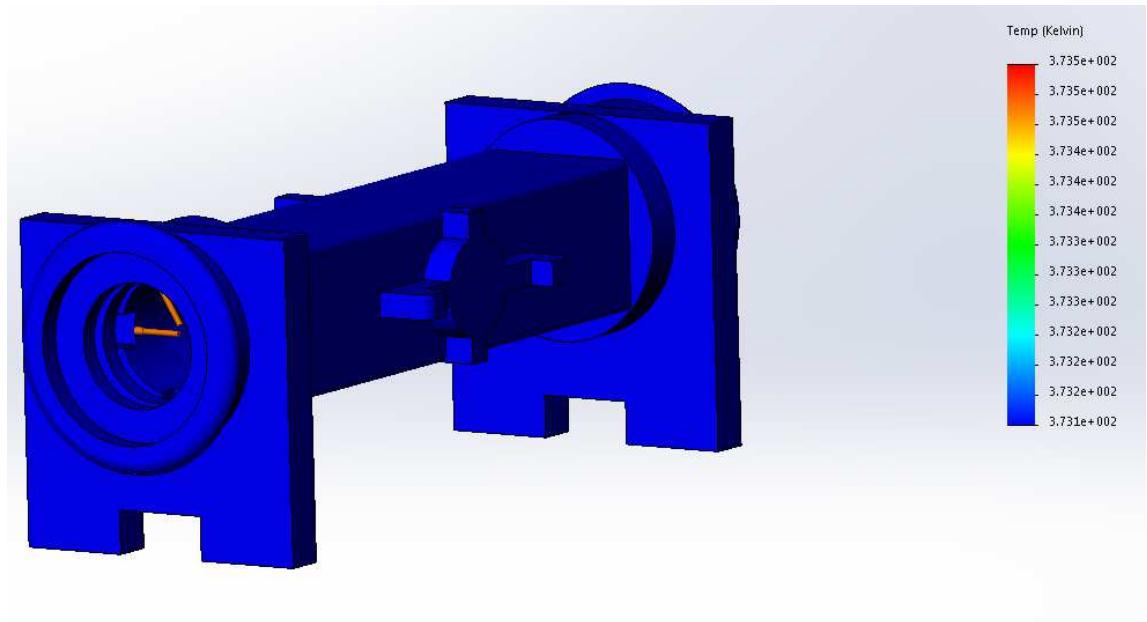


Рисунок 28 – Термическое исследование

Из проведения анализа можно увидеть, что при заданной температуре (100°C), деталь будет вести себя устойчиво. Максимальное значение, которое может повлиять на ЭПР негативно, составляет $3.735\text{e}+0,02$ Кельвина (262°C). Можно утверждать, что деталь выдержит заданную температуру.

2.5 Выбор и расположение датчиков на ЭПР. Конструирование блока А

Для работы установки нам необходимо знать температуру воды, которая будет протекать по электромагнитному преобразователю расхода. При этом необходимо, подобрать место расположения датчика (рисунок 29). Данное местоположение наиболее подходит для нашей разработки, так как он не будет мешать плате и работе самого расходомера.

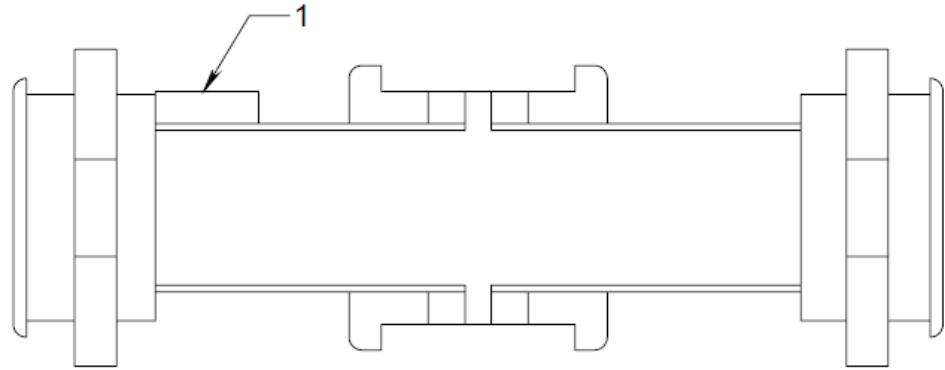


Рисунок 29 – Расположение датчика на ЭПР (1 – датчик температуры DS18D20)

В основе работы датчика температуры лежит микросхема DS18B20. Она позволяет определить температуру окружающей среды в диапазоне от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ и получать данные в цифровом сигнале с 12-битным разрешением. Данный диапазон измерения удовлетворяет метрологическим требованиям нормативной документации.

DS18B20 удобен в использовании. Запитать его можно через контакт data (в таком случае используется всего два контакта из трех для подключения). Сенсор работает в диапазоне напряжений от 3.0 В до 5.5 В. Внешний вид датчика приведен на рисунке 30.



Рисунок 30 – Внешний вид датчика температуры

Также имеются другие датчики, которые расположены на печатной плате.

Конструкция установки поверочной переносной автоматизированной должна обеспечивать надежность, долговечность и безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации в течение расчетного ресурса безопасной работы, а также возможность технического обслуживания, ремонта, периодической калибровки (проверки).

Условия эксплуатации и ключевые воздействующие факторы накладывают основные требования по выбору формы блока. Конструкция составных частей установки должна максимально упрощать их замену. Внешняя поверхность изделия не должна иметь вмятин, трещин, заусенец и механических повреждения, влияющих, как на выполнение функций назначения, так и на его товарный вид.

Учитывая ограничения и габаритные размеры ЭПР и размеры печатной платы, выбираем размер корпуса устройства равным: 145x120x95 мм. Высоту корпуса устройства равную 95 мм берем исходя из высоты печатной платы с установленными на ней микросхемами. Для улучшения обеспечения теплового режима между корпусом и печатной платой (ПП) по всем координатам оставляем зазор 5 мм. Так же предусматриваем место крепления под плату и ЭМР, для их стационарного использования.

Исходя из условий технического задания, для обеспечения защиты людей от поражения электрическим током необходимо изготовить корпус устройства из материала непроводящего электрический ток. Исходя из этого и учитывая, что стоимость устройства должна быть небольшой выбираем материал корпуса. Сделав сравнительный анализ свойств подходящих материалов и их стоимости, приходим к выводу, что корпус устройства лучше всего изготовить из пластмассы литьевым прессованием. Этот способ более подробно описан в главе 5. Внешний вид блока изображен на рисунке 31.



Рисунок 31 – Внешний вид измерительно-вычислительного комплекса

При изготовлении корпуса необходимо предусмотреть отверстия под разъемы и отверстия для крепления печатной платы. Печатная плата крепится на шайбах высотой 5 мм для обеспечения зазора между платой и нижней частью корпуса.



Рисунок 32 – Пример установки печатной платы

Как правило, на печатной плате имеется несколько крепежных отверстий, такие же отверстия расположены на крышке блока А (рисунок 32). Плата крепится на болты. Так же предусмотрено крепление с нижней части блока.

В нижней части корпуса предусмотрены крепления для ЭПР, которые не позволяют расходомеру вращаться (рисунок 33).



Рисунок 33 – Внешний вид нижней части ИВК

На ЭПР так же, предусмотрены крепления под нижнюю часть блока А.

3 Разработка программных и аппаратных средств

После разработки структуры аппаратных и программных средств работа над контроллером может быть распараллелена. Разработка аппаратных средств заключается в разработке общей принципиальной схемы, разводке топологии плат, монтаже макета и его автономной отладке.

Содержание этапов разработки программного обеспечения, его трансляции и отладки на моделях существенно зависит от используемых системных средств. В работе ресурсы 8-разрядного микроконтроллера достаточны для поддержки программирования на языках высокого уровня.

3.1 Проектирование печатной платы

Печатная плата (ПП) представляет собой элемент конструкции, который состоит из диэлектрической основы, на которую нанесены медные проводники, в виде металлизированных участков.

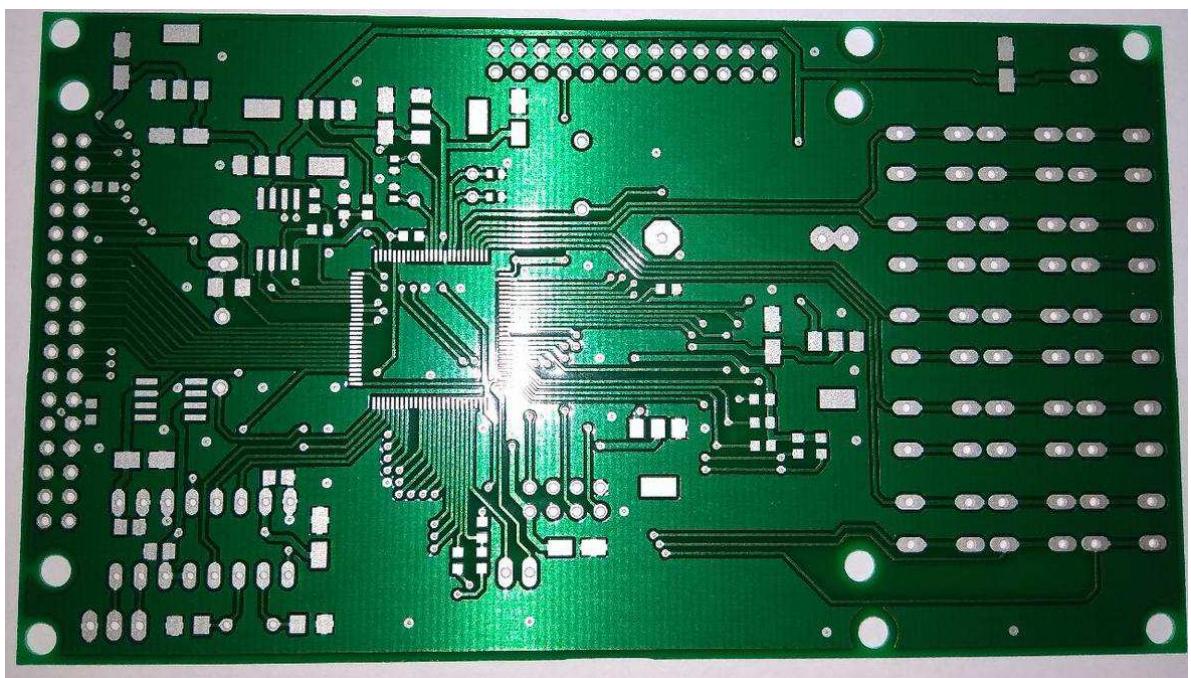


Рисунок 34 - Внешний вид печатной платы

ПП предназначена для автоматизации процесса включения и выключения периферийных устройств.

Для нашей платы выбираем Текстолит FR-4, так как по техническим характеристикам (таблица 3) он наиболее подходит для платы.

Таблица 3- Технические характеристики Текстолит FR-4

Характеристики	Значение
Напряжение питания, не более	5 В ±10%
Потребляемая мощность, не более	0.5 Вт
Масса устройства, не более	0.3 кг
Среднее время наработки на отказ	Не менее 30000 ч
Условия эксплуатации	Нормальные климатические
Температура окружающей среды	100±5
Атмосферное давление	84-107 кПа
Относительная влажность	60±15%

3.2 Обоснование выбора элементной базы

В устройстве применены постоянные резисторы 0402, предназначенные для работы в цепях постоянного, переменного тока и в импульсных режимах, содержат резистивный элемент в виде очень тонкой металлической пленки, осажденной на основании из керамики. Непроволочные постоянные резисторы менее стабильны по сравнению с проволочными, но наряду с этим имеют меньшие габариты, их сопротивление менее зависит от частоты и напряжения, они значительно дешевле. Поэтому в аппаратуре непроволочные резисторы применяются значительно чаще, чем проволочные. В таблице 4 представлены основные технические характеристики данного типа резисторов.

Таблица 4 - Технические характеристики резисторов 0402

Характеристика	Значение
Номинальная мощность	0,062 Вт
Рабочее напряжение	25 Вт
Диапазон рабочих температур	-50° ...+125°C
Температура коэффициентов сопротивления	100 ppm/°C

Следовательно, непроволочные постоянные резисторы типа 0402 подходят для использования в проектируемом устройстве.

Для стабильной работы применены электролитические конденсаторы K10-17B, предназначенные для работы в цепях постоянного и пульсирующего токов. Электролитические конденсаторы K10-17B рассчитаны на широкий диапазон ёмкостей и рабочих напряжений. K10-17B – незащищенные

керамические конденсаторы, предназначенные для поверхностного монтажа, их технические характеристики представлены в таблице 5:

Таблица 5 - Технические характеристики конденсаторов K10-17В

Характеристики	Значение
Выходы/корпус	SMD
Рабочее напряжение	40 В
Номинальная емкость	0,01
Рабочая температура	-60...+85°C

Исходя из технических характеристик конденсатора, они подходят для применения в устройстве.

Для устройства выбраны кремниевые диоды из серии 1N5817-B, Диоды являются импульсными, предназначенные для работы в радиотехнических устройствах, изготовлены в стеклянном корпусе. Диоды предназначены для автоматизированной и ручной сборки (монтажа аппаратуры). Их технические характеристики подходят для работы в устройстве и представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики диодов 1N5817-B

Характеристика	Значение
Максимальная рабочая температура	150°C
Количество выводов	2 вывода
Средний прямой ток	1 А
Максимальное прямое напряжение	450 мВ
Максимальное значение напряжения	20 В
Максимальный импульсный прямой ток	25 А

Для подключения сети нам потребуются стабилизатор REG1117. Данная серия стабилизаторов является линейной, они могут работать при малых дифференциальных входах/выходах, делая их соответствующими для разнообразного применения, где обычные регуляторы были бы неуместны. Технические характеристики стабилизатора представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические характеристики стабилизатора REG1117

Характеристики	Значение
Напряжение стабилизатора	$\pm 15 \pm 0.0015$ В
Диапазон температуры окружающей среды	$\pm 85^\circ\text{C}$
Диапазон изменения емкости конденсатора	2,2 пФ – 10 нФ

Кварцевые резонаторы предназначены для использования в аналого-цифровых цепях для стабилизации и выделения электрических колебаний определенной частоты или полосы частот. Принцип работы заключается в широко полосе частот сопротивления прибора. Имеет емкостной характер и только на некоторых частотах имеет широко выраженный резонанс (уменьшение сопротивления).

Кварцевый резонатор HC-49SM имеет лучшие характеристики (таблица 8), чем другие приборы для стабилизации частот, такие как стабильность по частоте и температуре

Таблица 8 - Технические характеристики квантового резонатора HC-49SM

Характеристики	Значение
Диапазон частот	2000-35000 МГц
Точность настройки	$\pm 15 \cdot 10^{-6}$
Интервал рабочих температур	-40...+70°C
Динамическое сопротивление	25 Ом
Нагрузочная емкость	16, 20, 30 пФ

Для работы устройство самыми оптимальными были выбраны транзисторы типа BC856ASMD. Данный тип транзисторов отличается высокой надежностью, низкой емкостью соединения и высоким напряжением тока изоляции. Сцепное устройство предназначено для передачи сигнала между двумя электрическими цепями. Технические характеристики транзистора можно увидеть в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики транзистора BC856ASMD

Характеристика	Значение
Напряжение изоляции	5.3 кВ
Максимальный прямой ток	60 мА
Максимально выходное напряжение	70 В
Время включения/выключения	3 мкс

Инструментальный усилитель AD620ANZ является высокоточным, при этом требует низкую мощность. Они малошумные, так же у них низкий ток смещения входного сигнала и низкая мощность. Стоимость инструментального усилителя достаточно низкая. Технические характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Технические характеристики инструментального усилителя AD620ANZ

Характеристики	Значение
Напряжение питания	+4,6...36 В
Диапазон температур	-40...+85°C
Частота	1
Количество каналов	1
Напряжение смещения	0,03мВ

3.3 Расчет габаритных размеров и элементов печатной платы

Основным критерием при выборе класса точности ПП является: конструкторская сложность – степень насыщенности поверхности ПП электронных компонентов при традиционной элементной базе или число выводов при поверхности монтажа (SDM) и шаг из расположения; элементарная база (дискретные электронные компоненты, интегральные микросхемы, компоненты для поверхностного монтажа, безкорпусные компоненты).

Для проведения расчета компоновочных параметров необходимо предварительно определить размеры печатной платы. Площадь печатной платы рассчитывается исходя из площади установочных поверхностей элементов.

Площадь установочных поверхностей элементов, используемых в разрабатываемом устройстве, указаны в таблице 11.

Таблица 11 - Площади установочных параметров ЭРЭ

Элементы	№ ПП (модуля)	Площадь одного элемента, мм ²	Количество элементов	Общая площадь, мм ²
Диод 1N5817-B	1	5	2	10
Конденсатор K10-17B	1	12	18	216
Резисторы 0402	1	1	24	24
Микроконтроллер stm32f103ve	1	400	1	400
Стабилизатор REG1117	1	136	6	816
Кварцевый резонатор	1	51.15	3	393

Элементы	№ ПП (модуля)	Площадь одного элемента, мм^2	Количество элементов	Общая площадь, мм^2
HC-49SM				
USB - MICROB	1	150	1	150
Транзистор BC856ASMD	1	35	1	35
Вход x2 Power	1	95	3	285
Вход 057-026-1 X25	1	320	1	320
Вход x3 Temp	1	120	2	240
Микросхема ESP82266	1	114	1	114
Матричная клавиатура	1	742	1	742
Место под SD карту TF-HOLDER	1	340	1	340
AЦП	1	200	1	200
SPI-FLASH	1	150	1	150
Инструментальный усилитель AD620R	1	95	1	95

Расчет общей площади печатной платы ведется по формуле 3.1:

$$S = S_D + S_C + S_{MC} + S_{QR} + S_V + S_T + S_S + S_{USB} + S_{MK} + S_{SD} + S_{ACP} + S_{IU} \quad (3.1)$$

где: S_D – площадь, необходимая для установки диодов на ПП;

S_S – площадь, необходимая для установки конденсаторов на ПП;

S_{MC} – площадь, необходимая для установки микросхем на ПП;

S_{QR} – площадь, необходимая для установки кварцевого резонатора на ПП;

S_V – площадь, необходимая для установки входов на ПП;

S_T – площадь, необходимая для установки транзисторов на ПП;

S_S – площадь, необходимая для установки стабилизаторов на ПП;

S_{USB} – площадь, необходимая для установки USB на ПП;

S_{MK} – площадь, необходимая для установки матричной клавиатуры на ПП;

S_{SD} – площадь, необходимая для установки SD на ПП;

S_{ACP} – площадь, необходимая для установки АЦП на ПП;

S_{IU} – площадь, необходимая для установки инструментального усилителя на ПП.

Общая площадь, занимаемая ЭРЭ на печатной плате $S = 4530\text{мм}^2$.

При расчете площади печатной платы для РЭА принято учитывать коэффициент заполнения площади ПП, $k=0.6$.

$$S_{nn} = \frac{S}{0.6} \quad (3.2)$$

где $S_{пп}$ – площадь печатной платы;

S – общая площадь, занимаемая ЭРЭ на печатной плате.

$$S_{пп} = \frac{4530}{0.6} = 7550 \text{ мм}^2$$

Учитывая полученную площадь, тепловые монтажные зоны, а так же площадь проводников было выбрано следующее соотношение сторон: 125x70 мм, согласно ОСТ 4.010.020-83.

Определение ширины проводников. Минимальная ширина проводника для ПП, изготовленных комбинированным методом определяется по формуле:

$$b_{min} = b_{1min} + 1.5h\phi + 0.03 \quad (3.3)$$

где: b_{1min} – 0.18 мм (для ПП 3-его класса) – минимально эффективная ширина проводника;

$h\phi$ = 0.035 мм – толщина фольги.

Получаем:

$$b_{min} = 0,18 + 1.5 \cdot 0,035 + 0.03 = 0,2625 \text{ мм}$$

Так же найдем наибольшую ширину проводника:

$$b_{max} = b_{min} + (0.04) = 0.263 + 0.04 = 0.3025 \text{ мм}$$

Максимальная ширина проводника 0.3025 мм.

Расчет надежности печатной платы. Расчет надежности заключается в определении показателей надежности изделия по известным характеристикам надежности составляющих компонентов и условиям эксплуатации. Для расчета надежности необходимо иметь логическую модель безотказной работы системы. При ее составлении предполагается, что отказы элементов независимы, а элементы и система могут находиться в одном из 2-х состояний: работоспособном и неработоспособном. Элемент, при отказе которого отказывает вся система, считается последовательно соединенным; а элемент, отказ которого не приводит к отказу системы, считается включенным последовательно на логической схеме надежности.

Расчет надежности можно производить по внезапным и по постепенным отказам. При конструировании данного устройства расчет будем проводить по внезапным отказам.

Определим интенсивность потока отказов элементов с учетом условий эксплуатации изделия по формуле:

$$\lambda = \lambda_{0i} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot ai(T, kn) \quad (3.4)$$

где: λ_{0i} - номинальная интенсивность потока отказов;

k_1, k_2 – поправочные коэффициенты, зависящие от воздействия механических факторов;

k_3 – поправочный коэффициент, зависящий от воздействия влажности и температуры;

k_4 - поправочный коэффициент, зависящий от давления воздуха;

$ai(T, kn)$ - поправочный коэффициент, зависящий от температуры поверхности элемента и коэффициента загрузки.

Так как расчет надежности блока ведется на этапе технического проектирования, то значения всех поправочных коэффициентов еще не определены. Поэтому воспользуемся полученными из опыта эксплуатации значениями некоторых обобщенных поправочных коэффициентов, представляющих собой комплексный поправочный коэффициент K , зависящий от объекта

установки ЭВМ и учитывающий все условия эксплуатации. Для наземной аппаратуры $K=20$.

Для последовательного соединения элементов на структурной схеме надежности вероятность безотказной работы составит:

$$P(t) = \exp \left(- \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t_p \right) \quad (3.5)$$

где: n - количество элементов.

Интенсивность отказа системы находится по формуле:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (3.6)$$

Среднее время наработки на отказ:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} \quad (3.7)$$

Так как разрабатываемый узел не имеет резервных элементов и при отказе любого элемента узла производится полная замена платы (это обойдется дешевле, чем поиск неисправности и замена отказавшего элемента), то получаем нерезервированную невосстанавливаемую систему. Т.к. все элементы платы являются практически необходимыми для функционирования устройства, то получим последовательную структурную схему надежности.

Для этого нам необходимо найти интенсивность отказа каждого i -ого элемента:

$$\lambda_i = 20 \cdot I_{in} \cdot n \quad (3.8)$$

где: I_{in} - интенсивность отказа i - ого элемента при нормальных условиях эксплуатации (таблица 11).

$$\lambda_{имс} = 20 \cdot 0.013 \cdot 10^{-6} \cdot 48 = 12.48 \cdot 10^{-6}$$

$$\lambda_{пп} = 20 \cdot 0.07 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 1.4 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_{\text{РАЗЪЕМА}} = 20 \cdot 0.062 \cdot 10^{-6} \cdot 85 \cdot 1 = 1.054 \cdot 10^{-4}$$

$$\lambda_{\text{ПАЯН.СОЕД}} = 20 \cdot 0.01 \cdot 10^{-6} \cdot 354 = 7.08 \cdot 10^{-5}$$

Исходя из полученных данных, можно найти интенсивность отказа системы:

$$\begin{aligned}\lambda_{\Sigma} &= 12.48 \cdot 10^{-6} + 1,4 \cdot 10^{-5} + 14,26 \cdot 10^{-5} + 8,9 \cdot 10^{-5} \\ &= 12.1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/час}\end{aligned}$$

Среднее время наработки на отказ:

$$T = \frac{1}{12.1 \cdot 10^{-5}} = 19200 \text{ часов}$$

Рассчитаем вероятность безотказной работы устройства в течении заданного времени:

$$P(t) = \exp(-12.1 \cdot 10^{-5} \cdot 19200) = 0.8$$

Полученное значение приемлемо для безотказной работы устройства в течение заданного времени.

Таблица 12 - Интенсивность отказа некоторых электро- и радиоэлементов

Название элемента	Интенсивность потока отказов, 10^{-6}, 1/час
Микросхемы со средней степенью интеграции	0.013
Большие интегральные схемы	0.01
Конденсаторы керамические	0.15
Соединители	0.062*n
Гнезда	001
Клеммы, зажимы	0.005
Плата печатной схемы	0.7
Пайка печатного монтажа	0.01

3.4 Трассировка печатной платы с помощью САПР

Трассировка соединений является, как правило, заключительным этапом конструкторского проектирования и состоит в определении линий,

соединяющих эквипотенциальные контакты элементов, и компонентов, составляющих проектируемое устройство.

Для трассировки платы мы использовали Autodesk EAGLE. Трассировка выполняется в ручном режиме, для наиболее подходящего расположение ЭРЭ при данных расчетах.

При проектировании платы мы используем три части:

- цифровые линии данных (по ним течет маленький ток (микро/(единица) милли-ампер) но высокий разброс напряжений (либо 0, либо 3,3 вольта)).
- аналоговые линии (по ним течет маленький ток (нано/микро-амперы) и низкое напряжение (до вольта, но в основном микро-вольты).)
- силовые линии (по ним течет большой ток (до пол ампера), и высокое напряжение (12 вольт)).

Цифровая и аналоговая части разводятся в разных местах, так как цифровые линии через магнитное поле наводят ЭДС на аналоговых дорожках (закон электромагнитной индукции)

Цифровые линии по которым течет ток больше, чем по другим цифровым стараются, разводить дальше друг от друга, и по возможности обводить экраном (землей).

Дорожка силовых линий производится шире (порядка 0.5 мм), так как при большом токе будет просадка напряжения. Такие дорожки разводим как можно дальше от других, так как постоянный ток микросхемы потребляют не постоянно, а только тогда, когда находятся в рабочем состоянии.

Все дорожки, по возможности, обводят полигоном (землей), для защиты от электромагнитных импульсов (помех).

Для улучшения работы платы, проводилась экспериментальная расстановка все ЭРЭ. По данным эксперимента было выбрано расположение, изображенное на рисунке 35.

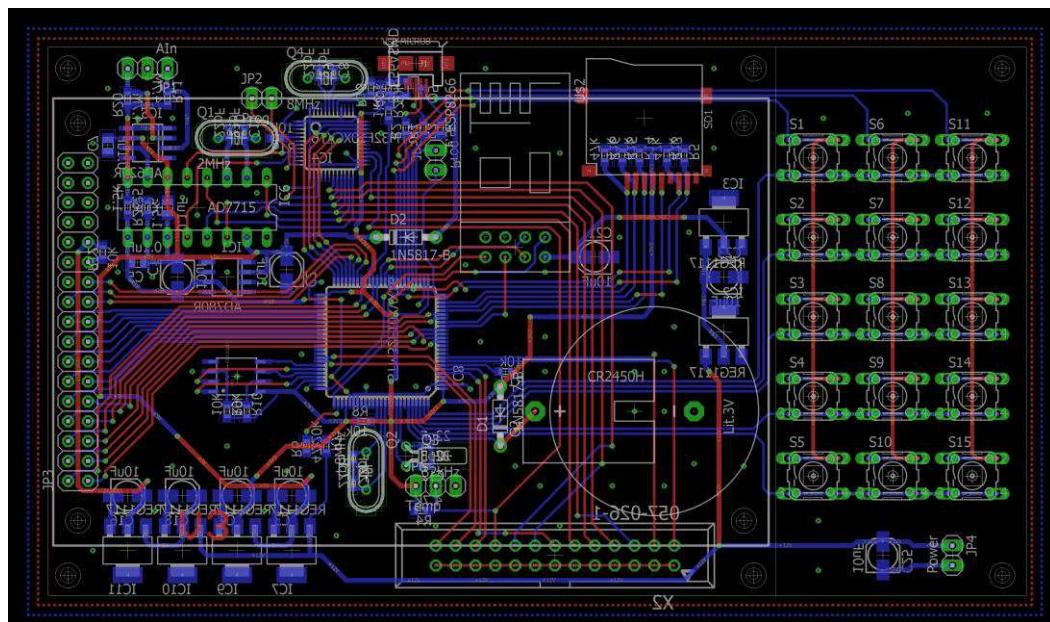


Рисунок 35 - Трассировка печатной платы

Конденсаторы питания ставятся как можно ближе к выводам микросхем, для стабилизации питания в случаях коротких просадок и всплесков, создавая фильтр.

Кварцевые резонаторы тоже ставятся как можно ближе к выводам микросхем, так как по ним течет высокочастотный ток, который может давать информацию на другие дорожки.

3.5 Описание и подключение использованных компонентов

Для устройства мы выбираем микроконтроллер stm32f103ve. Его характеристики (таблице 13) позволяют использовать микроконтроллер в разных отраслях.

Таблица 13 - Технические характеристики микроконтроллера stm32f103ve

Характеристики	Значение
Ядро	ARM Cortex – M3
Максимальная частота ядра	72 МГц
Объем памяти программ	512 кБайт
Тип памяти программ	FLASH
Объем оперативной памяти	64 кБайт
Количество входов/выходов	80
АЦП/ЦАП	A/D 16x12b; D/A 2x12b
Напряжение питания	2...3.6 В

Для поддержания взаимодействия с пользователем микроконтроллера должны быть предусмотрены специальные устройства ввода/вывода. В качестве устройства ввода информации от пользователя в микропроцессорную систему выступает матричная клавиатура 3x5 (рисунок 36). Устройством вывода (рисунок 37) информации обычно являются устройства индикации, в нашем случае дисплей ili9341.

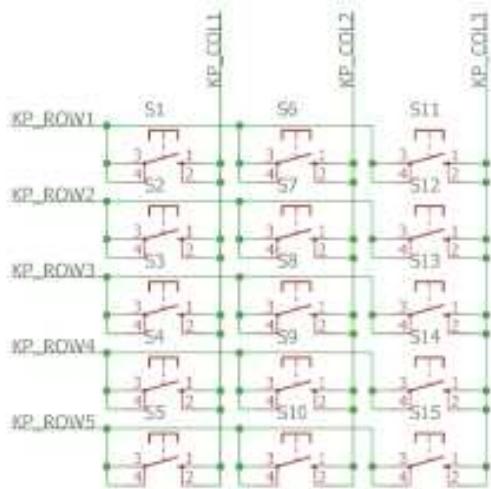


Рисунок 36 - Схема матричной клавиатуры

Расширение дисплея 320x240, он цветной и имеет последовательный интерфейс SPI. Аббревиатура SPI означает «Serial Peripheral Interface» или в русском варианте «последовательный периферийный интерфейс». Данный интерфейс используется для работы с различными периферийными устройствами. Например, это могут быть различные ЦАП/АЦП, потенциометры, датчики, расширители портов ввода/вывода (GPIO), различная память.

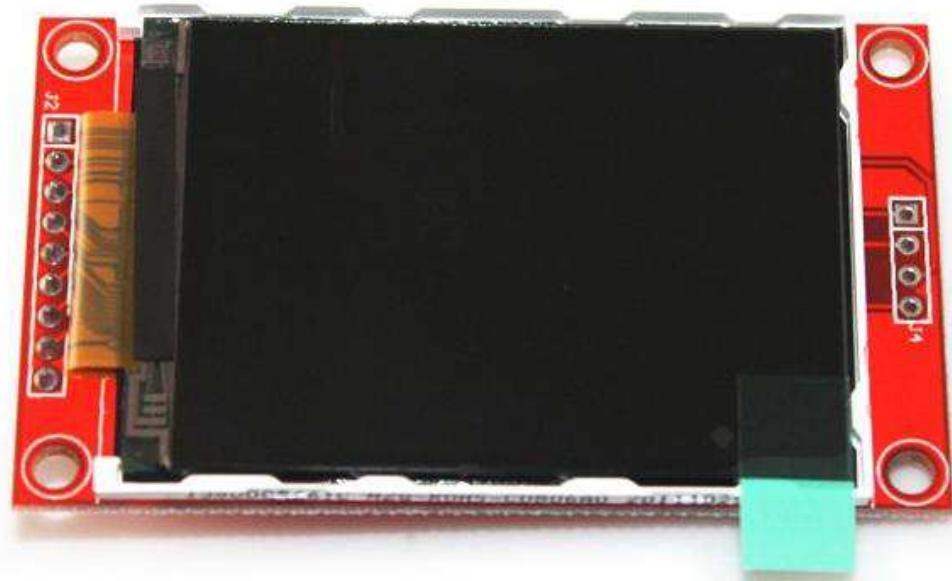


Рисунок 37 - Внешний вид дисплея

Так как у микроконтроллера небольшая память, то мы вводим дополнительную flash-память w25q128(рисунок 38) объемом 128 Мбит (16 Мбайт) - ИС последовательной флэш-памяти, ориентированные на применение в составе систем с ограниченным пространством, линиями ввода-вывода и малым потреблением. Серия 25Q обладает уровнем гибкости и рабочих характеристик, который превосходит ИС обычной флэш-памяти. Они идеальны для теневого хранения программного кода, который загружается в ОЗУ при подаче питания, для выборки кода программы (XIP) непосредственно из флэш-памяти (в удвоенном и учетверенных режимах интерфейса SPI), а также для хранения текстовой и числовой информации.

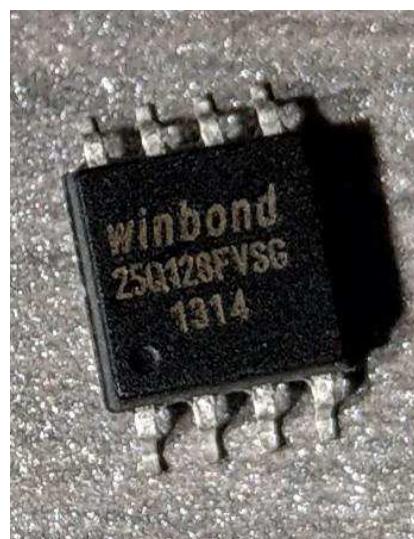


Рисунок 37 - Внешний вид flash-памяти w25q128

Так же к микро-ЭВМ подключена SD карта. С картой можно работать по SDIO в режиме 4ех битной шины.. SDIO интерфейс предназначен для ввода вывода информации карт памяти

Для связи с компьютером, а точнее виртуального COM – порта и накопительных устройств CDC (communication device class) и MSC (mass storage class), применяют USBпорт.

Основной функцией делителя напряжения (рисунок 38) в электрических цепях является снижение напряжения и получение нескольких его значений с фиксированными показателями на различных участках. Его основой служат резисторы или реактивные сопротивления в количестве два и более элементов. Мы используем его для мониторинга напряжения аккумуляторов.

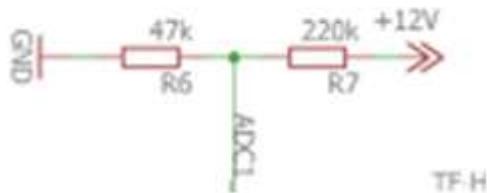


Рисунок 38 - Резисторный делитель

Так же предусмотрен шлейф, для подключения к датчику температуры воды ds18b20 подключенный 1-wire интерфейсу.

3.6 Описание интерфейса

При разработке интерфейса программы преследовались две основные цели. Первой целью было сделать его максимально понятным для операторов и технологов, работающих с устройством. Второй целью — вследствие упрощения интерфейса не растерять информативность и функциональность.

Программное обеспечение имеет четыре основных окна.

1. Проверка.
2. Протокол.
3. Показания датчиков.
4. Настройки.

Окно поверки позволяет пользователю начать поверку счетчика. После выбора данной категории, появится окно с выбором метода поверки: по времени или по объему (рисунок 39). Проверка по времени подразумевает, за какое время через поверочное оборудование пройдет определенный поток

воды. Проверка по объему предназначена для измерения количества воды, пройденное за определенное время.

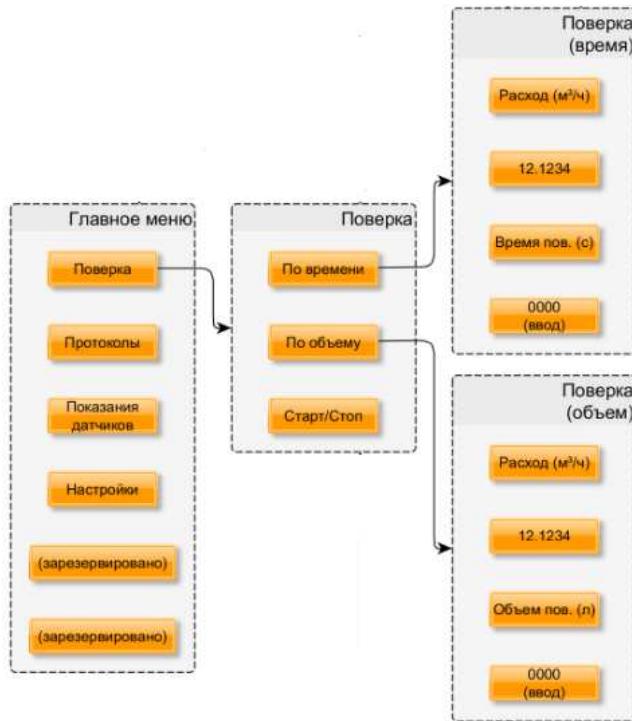


Рисунок 39 - Интерфейс окна поверки

Для начала поверки необходимо задать начальные параметры для поверки. В случае поверки по времени, необходимо задать определенный промежуток времени. По объему, соответственно, необходимо задать объем.

После того, как введены все необходимые параметры, нажимаем на кнопку «ВВОД». Далее появится окно, в котором показаны заданные данные для поверки.

Для продолжения работы, необходимо нажать кнопку «ВВОД», после чего появится окно, где изображены начальные показания счетчиков и конечные показания (рисунок 40). В данном окне и происходит измерение параметров.

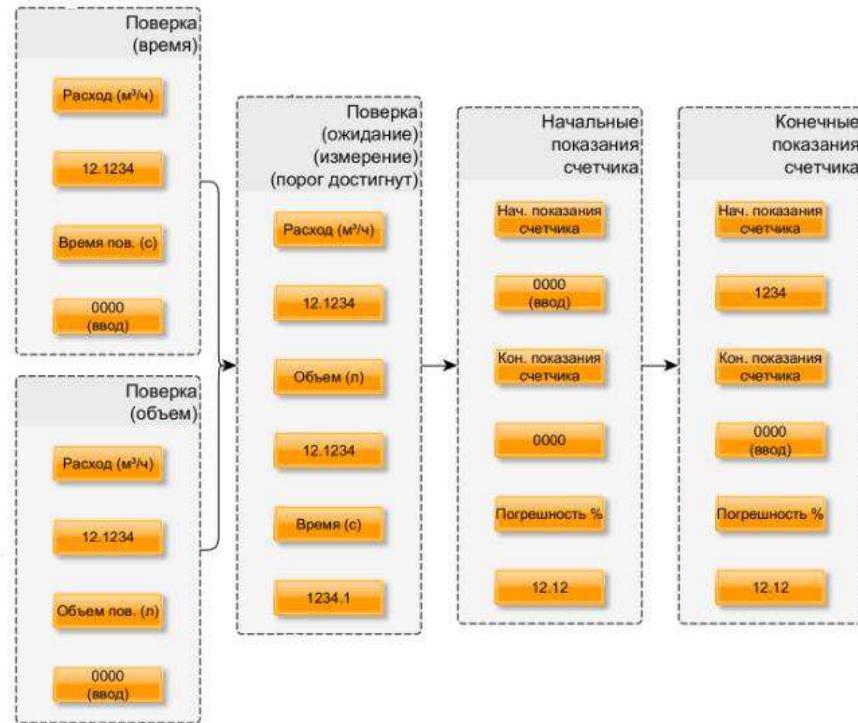


Рисунок 40 - Окно измерения параметров

В данном окне выйдет три категории: начальные показания счетчика, конечные показания счетчика и погрешность. После того, как поверка закончилась, и значения зафиксированы, поверитель сравнивает результаты. Нажимая кнопку "ВВОД", высвечивается окно «Продолжить поверку» (рисунок 41). В окне есть два значения «Да» или «Нет».



Рисунок 41 - Окно «Продолжить поверку»

Нажимая на значение «Нет» появится окно с выбором «Сохранить результат?», нажимая значение «Да», выйдет окно «Успех». При значении «Нет», появится окно «Вы уверены?». После каждого из высвечиваемых результатов, происходит переход на главное меню. Общая схема окна «Проверка» показана на рисунке 42.

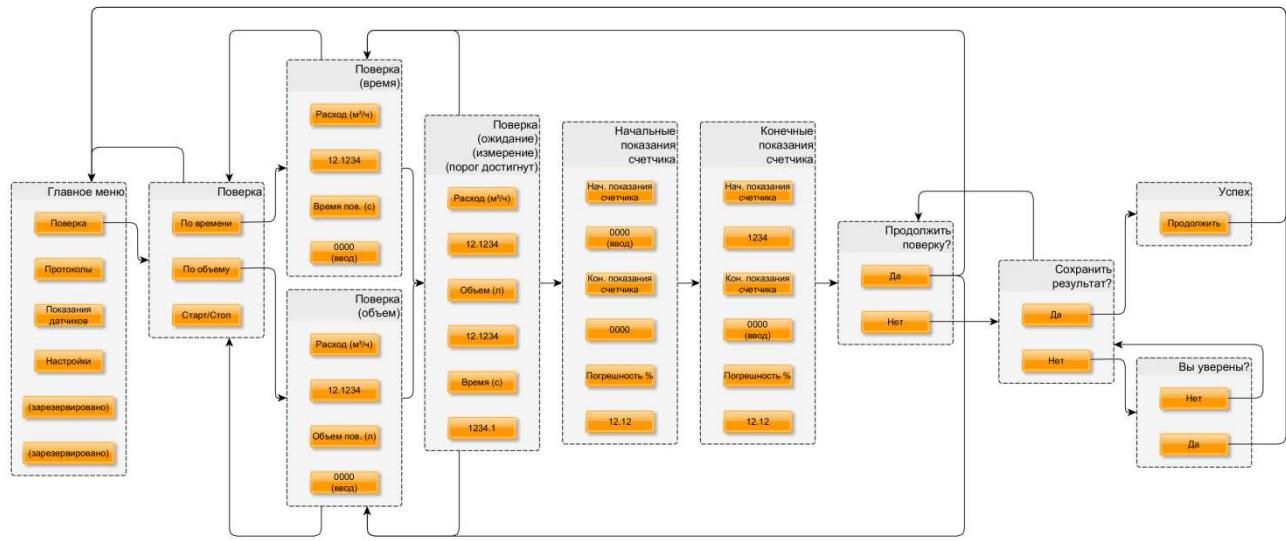


Рисунок 34 - Общая схема окна «Проверка»

Выбирая окно «Протокол», оператор попадает в окно «Список протоколов». Здесь необходимо выбрать номер протокола, в зависимости от количества поверок. Далее появится сам протокол, который необходимо заполнить поверителю (рисунок 35). Протокол состоит:

- № протокола, дата поверки;
- № счетчика;
- расход воды;
- объем воды по счетчику;
- объем воды по эталону (ЭПР);
- относительная погрешность;
- начальные и конечные показания поверяемого счетчика воды.

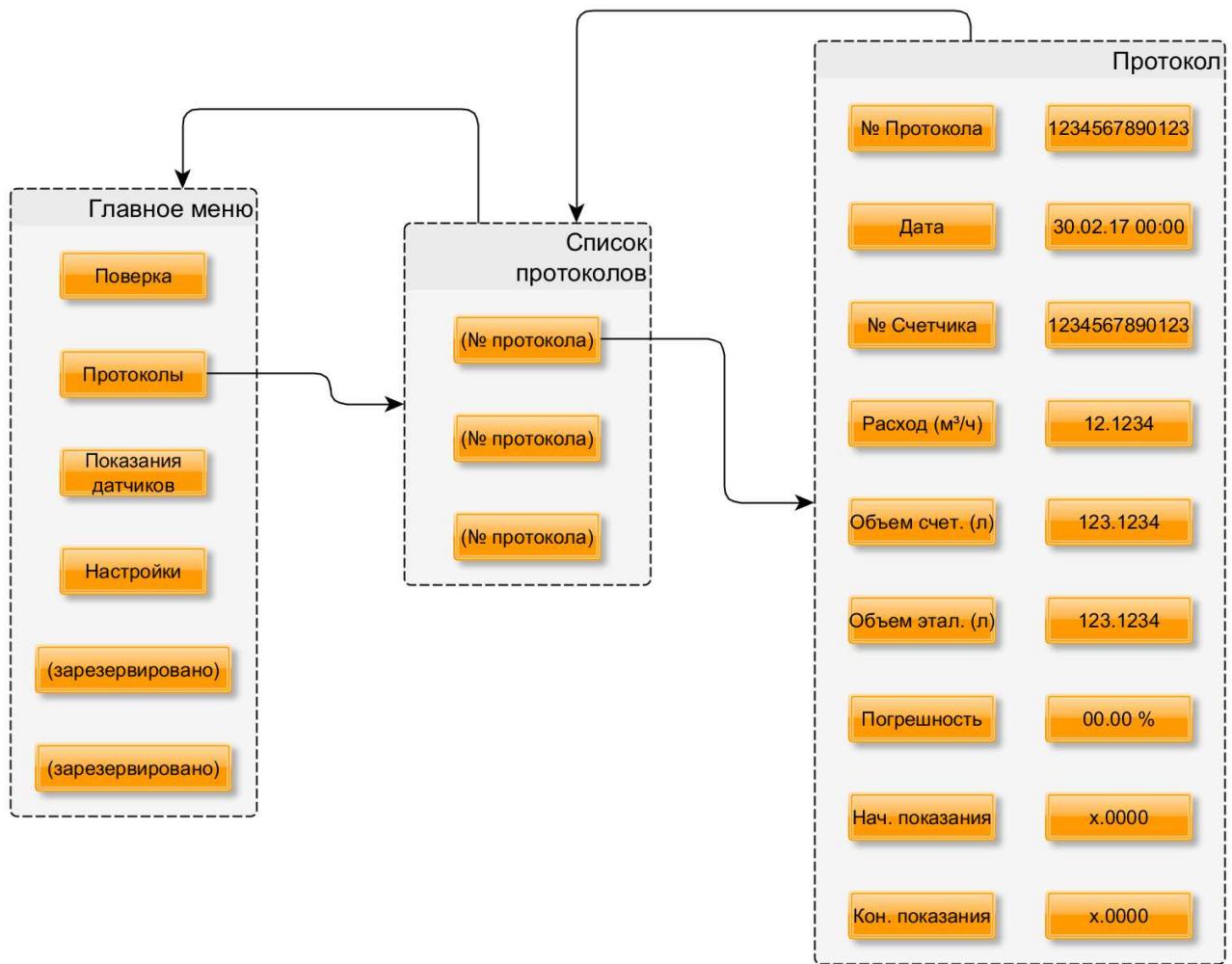


Рисунок 45 - Окно протокола

Окно «Показания датчиков» предназначено для цифровой проверки параметров, для правильности работы устройства. В окне «Датчики» (рисунок 46) появятся параметры, необходимые для начала поверки, такие как температура воды, температура окружающей среды, атмосферное давление и влажность воздуха.

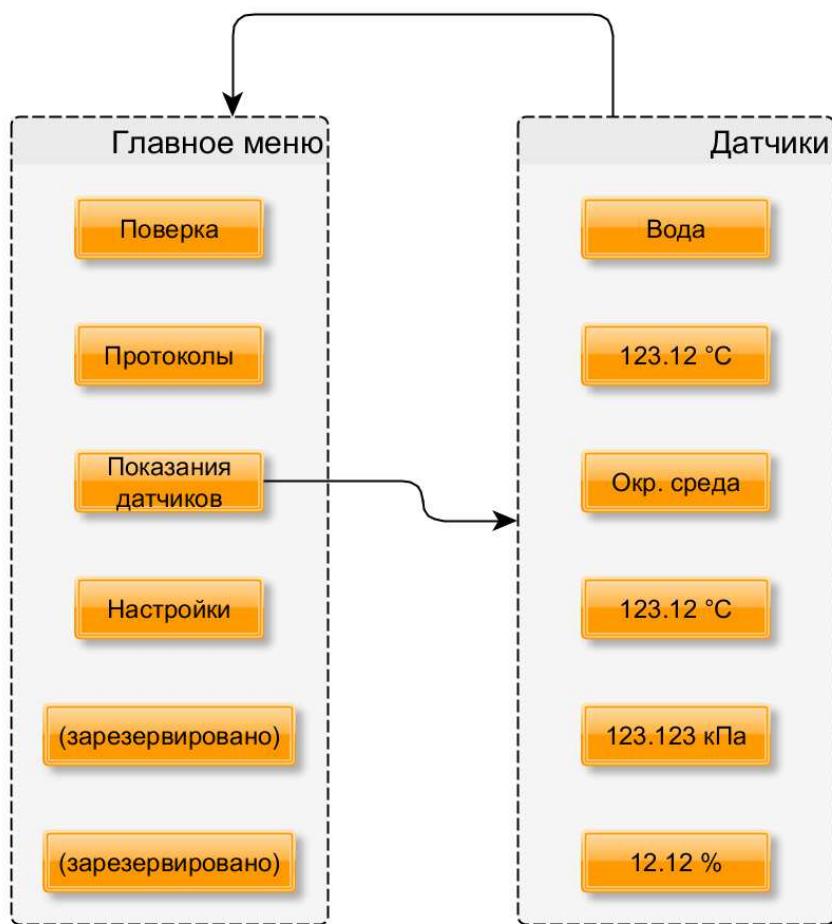


Рисунок 46 - Окно «Показания датчиков»

Режим работы "Настройки" - это режим в котором производится настройка времени и осуществляется подключение к персональному компьютеру через USB.

4 Проектирование компактной проточной установки

Компактная проточная установка (блок Б) предназначена для работы совместно с блоком А. Благодаря данному блоку, поверку счетчиков можно будет производить на месте эксплуатации со съемом.

4.1 Выбор и расчет насоса для установки

Установка отличается тем, что содержит 2 узла: поверочный (блок А), содержащий ЭПР и узел воспроизведения расхода (блок Б), который используется только совместно с блоком А, образуя единую конструкцию с замкнутым контуром.

Установка позволяет проверять счетчики как без демонтажа (используя блок А), так и с демонтажем на месте эксплуатации (используя блоки А и Б совместно).

Блок Б состоит из резервуара воды; циркуляционного насоса для создания расхода; системы трубопровода и шлангов; фитингов.

Схематически центробежный насос (рисунок 47) состоит из рабочего колеса, снабженного лопастями и установленного на валу в спиральном корпусе. Жидкость в рабочее колесо поступает в осевом направлении. Под действием центробежной силы, возникающей при вращении рабочего колеса, жидкость прижимается к стенке корпуса и выталкивается в нагнетательное отверстие по касательной к рабочему колесу. При этом на входе в насос давление падает, и в рабочее колесо стремится жидкость, находящаяся под более высоким давлением, например, под атмосферным давлением при выкачивании жидкости из открытого резервуара. Центробежные насосы широко распространены благодаря ряду преимуществ, которыми они обладают по сравнению с другими типами насосов. Их основными достоинствами являются непрерывность подачи жидкости, простота устройства, следовательно, относительно низкая стоимость и высокая надежность, достаточно высокий КПД (порядка 0,6-0,8), большая высота всасывания. Они легко поддаются автоматизации управления.

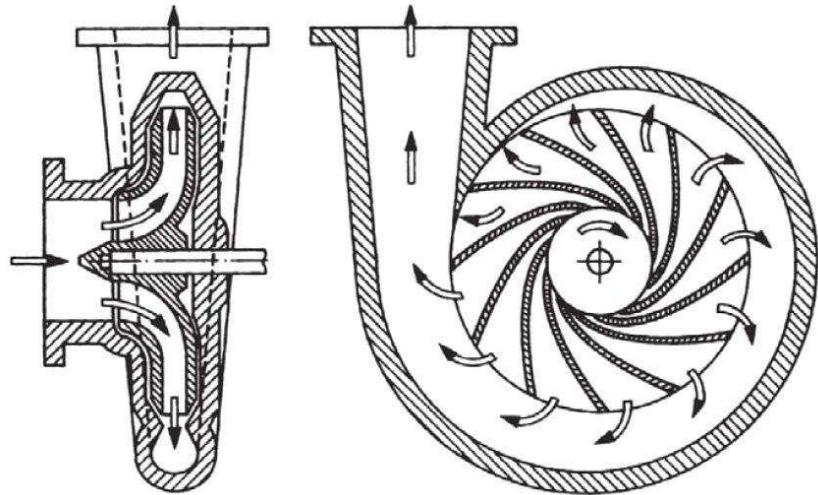


Рисунок 47- Принцип работы циркулярного насоса

К недостаткам центробежных насосов следует отнести то, что их подача изменяется в широких пределах в зависимости от сопротивления сети, на которую они работают. Неудобство доставляет также то, что при пуске центробежного насоса в обычном исполнении необходимо заливать водой, если уровень перекачиваемой жидкости находится, ниже входного патрубка.

4.2 Расчет основных параметров и рабочего колеса центробежного насоса. Выбор прототипа центробежного насоса

Исходными данными является:

- подача $Q = 5.5 \text{ м}^3/\text{час}$;
- напор $H = 6 \text{ м}$;
- число оборотов $n = 2500 \text{ об}/\text{мин}$;
- жидкость – вода 20°C .

Для определения типа конструкции насоса рассчитываем коэффициент быстроходности по формуле:

$$n_s = \frac{3.65 \cdot n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (4.1)$$

Для вычисления необходимо подачу воды перевести из $\text{м}^3/\text{час}$ в $\text{м}^3/\text{сек}$, получаем $Q = 0.00556 \text{ м}^3/\text{мин}$. Вычисляем коэффициент быстродействия:

$$n_s = \frac{3.65 \cdot 2500 \sqrt{0.00155}}{6^{3/4}} = 93.71 \text{ об}/\text{мин}$$

Далее необходимо определить объемный КПД:

$$n_o = \frac{1}{1 + a \cdot n_s^{-0.66}} \quad (4.2)$$

где: а = 0.68, коэффициент, зависящий от соотношения между диаметрами входа и выхода.

$$n_o = \frac{1}{1 + 0.68 \cdot 93.71^{-0.66}} = 0.967$$

Затем вычисляем приведенный диаметр D_{in} :

$$D_{in} = 4.25 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 4.25 \cdot \sqrt[3]{\frac{0.00155}{2500}} = 0.036 \text{ м} = 36 \text{ мм} \quad (4.3)$$

Гидравлический КПД η_r вычисляем по формуле:

$$\eta_r = 1 - \frac{0.42}{(\log D_{in} - 0.172)^2} = 1 - \frac{0.42}{(\log 36 - 0.172)^2} = 0.697 \quad (4.4)$$

Механический коэффициент КПД η_{mech} принимаем за $\eta_{mech} = 0.93$.

Находим полный коэффициент η по формуле:

$$\eta = \eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_{mech} = 0.967 \cdot 0.93 \cdot 0.697 = 0.626 \quad (4.5)$$

Определяем мощность насоса N по формуле:

$$N = \frac{p \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 9.8 \cdot 0.00155 \cdot 6}{1000 \cdot 0.626} = 1.46 \text{ кВт} \quad (4.6)$$

где: p – плотность жидкости, 1000 кг/м^3 ;

g – удельный вес перекачиваемой жидкости, 9.8 Н/м^3 .

Момент M вычисляем по формуле:

$$M = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (4.7)$$

где n – частота вращения вала.

Для нахождения момента необходимо частоту вращения 2500 об/мин, перевести в 41.6 об/с.

$$M = \frac{1460}{2 \cdot 3.14 \cdot 41.6} = 5.589 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Диаметр вала d_n определяем по формуле:

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M}{\pi \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5.589}{3.14 \cdot 150 \cdot 10^6}} = 0.005747 \text{ м} = 5.7 \text{ мм} \quad (4.8)$$

где: $[\tau]$ - допустимое напряжение материала вала при кручении. Принимаем $150 \cdot 10^6$ Па.

Принимаем диаметр вала 20 мм.

Вычисляем диаметр ступицы d_{ct} по формуле:

$$d_{ct} = 1.2 \cdot d_v = 1.2 \cdot 20 = 24 \text{ мм} \quad (4.8)$$

Для выбора прототипа для заданного насоса необходимо использовать поле характеристик выпускаемых промышленностью насосов. При необходимых параметрах $Q=5.5 \text{ м}^3/\text{с}$ и $H=6 \text{ м}$, прототипов был выбран насос марки WILO – Star – Z 20/7. Внешний вид насоса приведен на рисунке 48. Для данного насоса приведены следующие размеры:

Таблица 14- Габаритные размеры насоса WILO – Star – Z 20/7

Длина насоса, мм	150
Ширина насоса, мм	130
Высота насоса, мм	110
Вес насоса, кг	2.9



Рисунок 48 - Внешний вид насоса WILO – Star – Z 20/7

Таблица 15 - Основные технические характеристики насоса

Диапазон температур, °С	+2...+65
Частота вращения, об/мин	2000-2700
Потребляемая мощность, Вт	52-146
Ток, А	0.65

4.3 Описание конструкции блока Б

Резервуар для воды (далее - бак) должен иметь такую форму, что бы вода могла свободно циркулировать. Так же в баке должно быть предусмотрено крепление к насосу и блоку А, для совместной работы всей установки в сборе. Так же все элементы установки крепиться на специальное основание.

Бак состоит из трех частей: нижняя часть, верхняя и крышка. Это необходимо для облегчения производства бака.

Нижняя часть (рисунок 49) подразумевает крепление к насосу, через специально сделанный отсек, резьбовым соединением. Так же она крепится к основанию, для неподвижной работы, и резьбовым соединением крепится к верхней части бака.

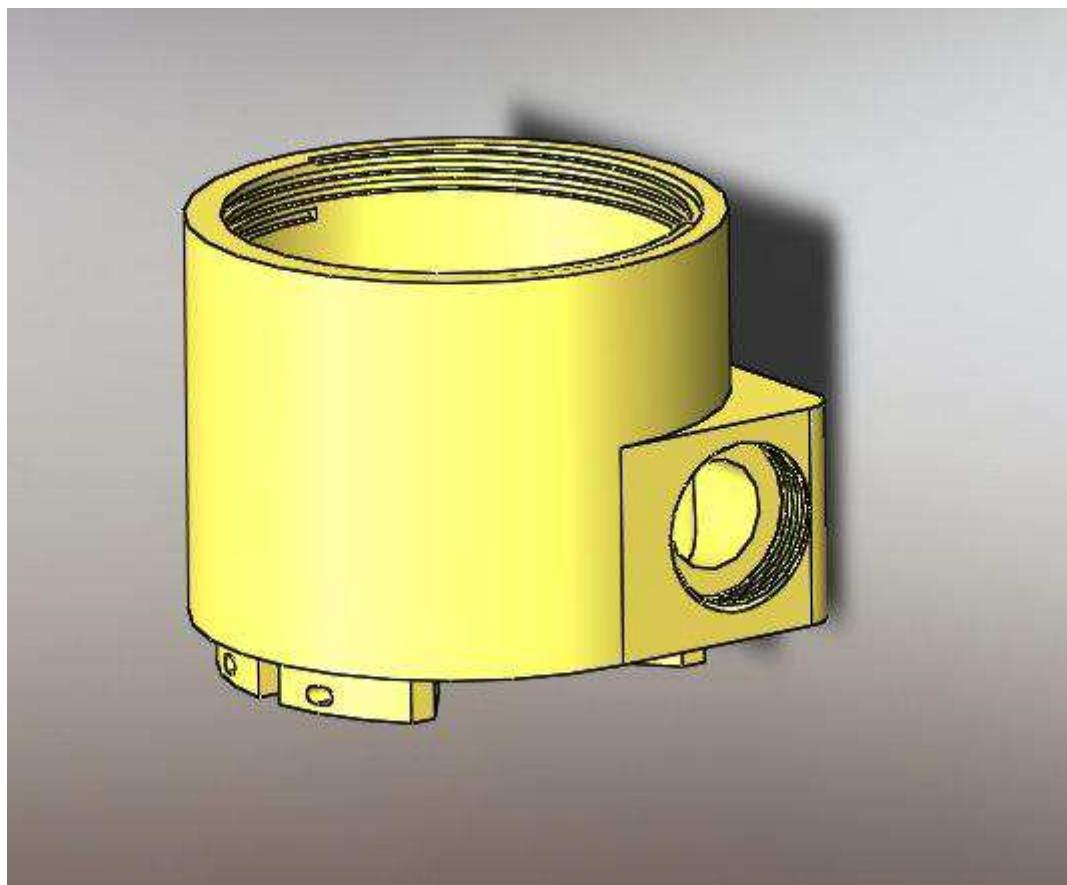


Рисунок 49 - Нижняя часть бака

Верхняя часть бака сделана таким образом, чтобы, вода не застаивалась в верхней части и могла свободно проходить в нижнюю часть. Данный вид конструкции (рисунок 50) сделан за счет предусмотренного угла подъема. Так же на верхней части предусмотрено крепление крышки и место для шланга. Шланг необходим для создания замкнутого контура всей установки.

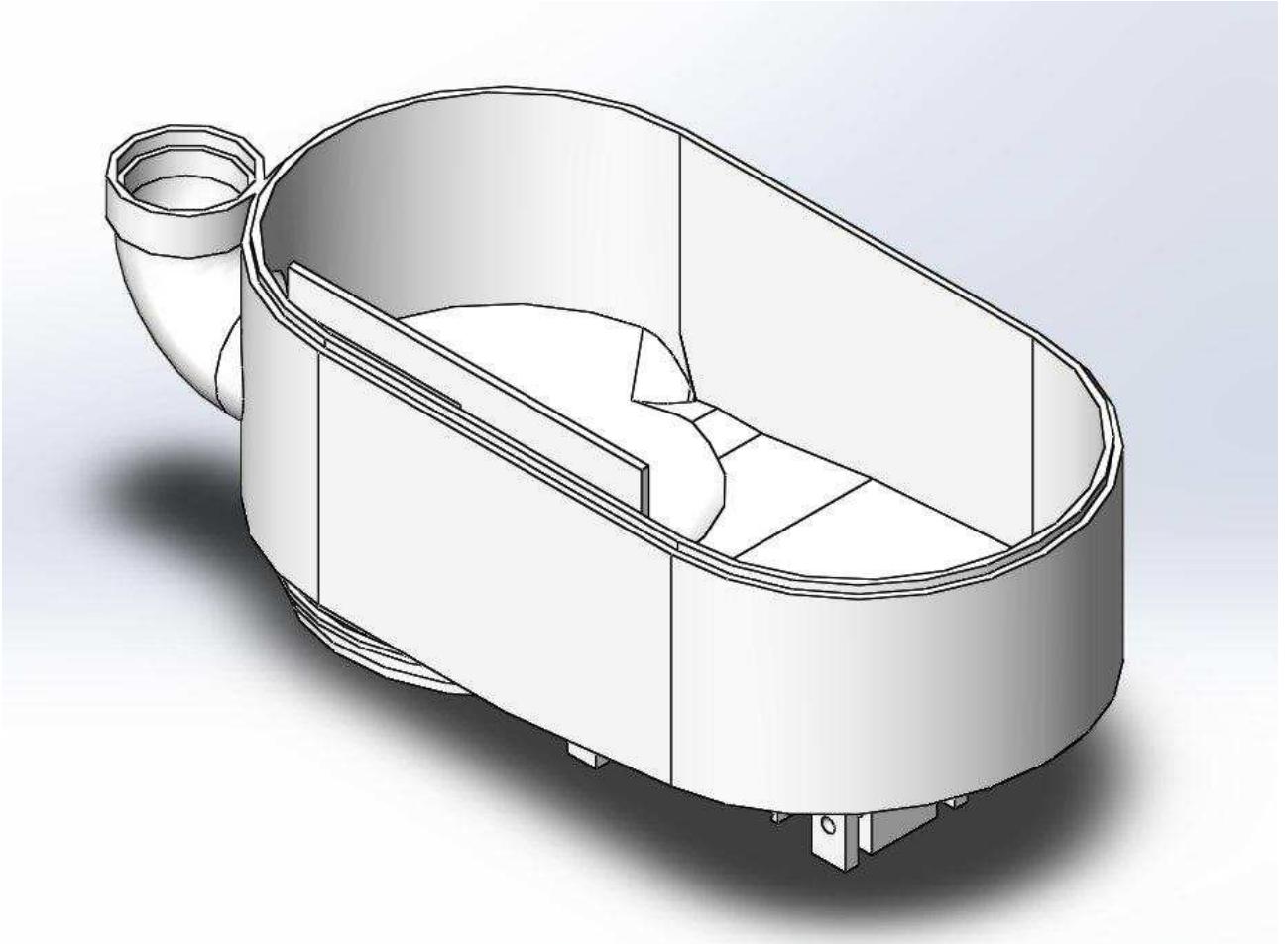


Рисунок 50 - Верхняя часть бака

Крышка необходима для крепления блока А и шлангов. Она крепко крепится к верхней части бака. Для крепления блока А, предусмотрены рельсы. Для крепления шлангов с двух сторон специальные отверстия. Внешний вид крышки изображен на рисунке 51.

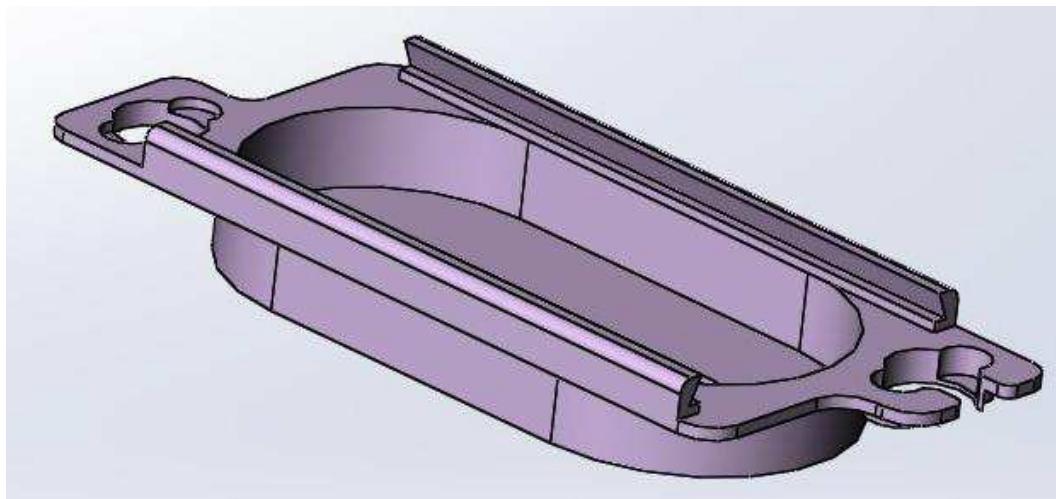


Рисунок 51 - Внешний вид крышки

Общий вид компактной проточной установки изображен на рисунке 52

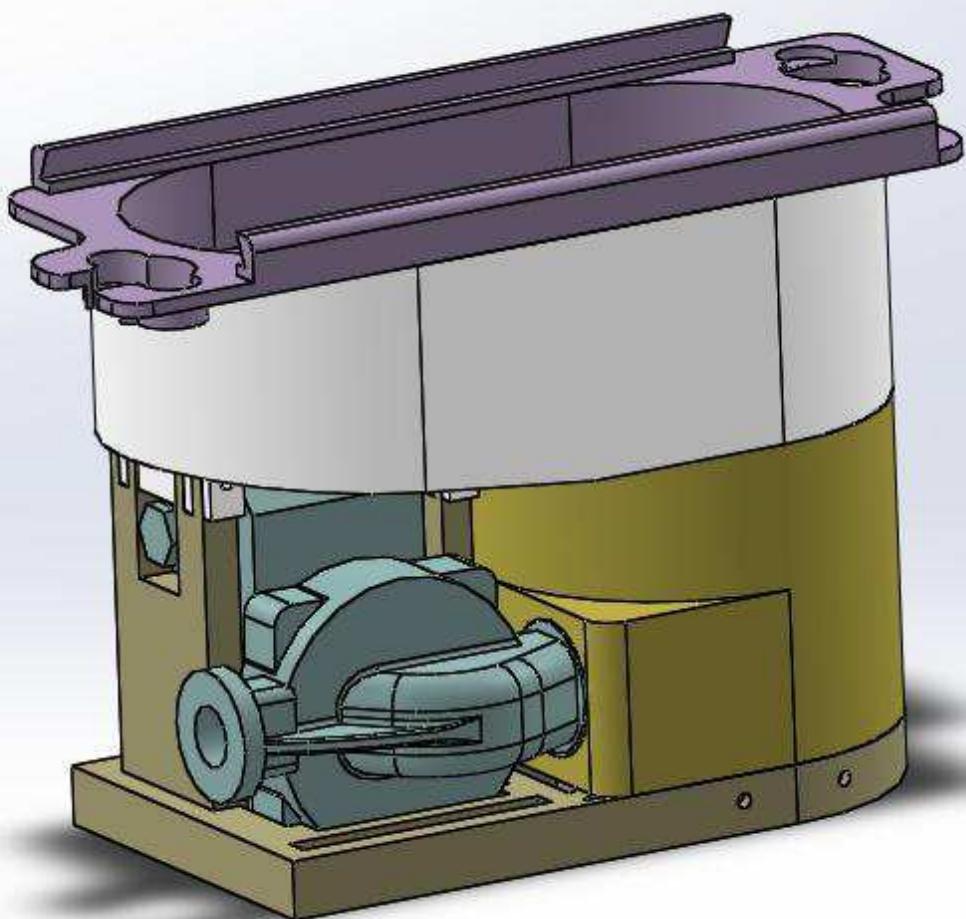


Рисунок 52 – Компактная проточная установка

5 Разработка технологических процессов изготовления установки

Блок А установки состоит из двух частей: нижней части, куда встраивают ЭПР, и верхней части, где расположены места под кнопки и экран. Обе части блока А изготавливаются отдельно и совмещаются в процессе монтажа.

Блок Б состоит из резервуара воды; циркуляционного насоса для создания расхода; системы трубопровода и шлангов; фитингов. Все части изготавливаются отдельно. Конструкция основания предусматривает крепление для узлов блока Б, обеспечивает плотное прилегание составляющих элементов и не допускает движение их относительно друг друга.

5.1 Выбор материала для изготовления установки

К готовому изделию предъявляются требования: метрологические, эксплуатационные, по физико-механическим показателям, по хранению и транспортировке.

Существуют основные методы выбора: метод «аналогии», матричная система выбора и количественный метод. В данном случае будем рассматривать количественный метод, как он наиболее подходящий и эффективный.

Выделим основные свойства материала нашей работы:

- морозостойкость;
- влагопоглощение;
- прочность;
- огнестойкость;
- стоимость.

Таблица 15– Выбор материала

	ABS	ПЭТФ	ПП	ПММА	ПЭ
Морозостойкость	+	+	+	+	-
Влагопоглощение	+	-	+	+	-
Прочность	+	+	-	+	-
Огнестойкость	+	+	-	+	-
Стоимость	+	+	-	-	-

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее подходящий вид материала для производства Блока А и Блока Б - пластик ABS. Физико-механические характеристики в таблице 16.

Таблица 16 – Физико-механические свойства ABS пластика

Наименование показателя	Характеристика
Плотность	1.02-1.08 г/см ³
Прочность при растяжении	30-50 МПа
Прочность при изгибе	50-87 МПа
Прочность при сжатии	46-80 МПа
Относительное удлинение	10-25%
Усадка(при изготовлении)	0.4-0.7%
Влагопоглощение	0.2-0.4%
Модуль упругости при растяжении	1700-2930 МПа
Ударная вязкость по Шарли	10-30 кДж/м ²
Твердость по Бринеллю	90-150 МПа
Температура размягчения	90-105 °C
Максимальная температура длительной эксплуатации	75-80 °C
Диапазон технологических температур	200-260 °C
Электрическая прочность	12-15 МВ/м
Температура самовоспламенения	395 °C

Детали установки, изготовленные из полимерных материалов, не выделяют в окружающую среду токсичных веществ и не оказывают при непосредственном контакте вредного влияния на организм человека. Использование их в нормальных условиях не требует особых мер предосторожности.

Вывод: для заданных условий эксплуатации изделия по всем параметрам подходит пластик ABS

5.2 Выбор и обоснование способа формирования изделия

Основным методом переработки пластических масс считается: прессование, экструзия, каландрование и литье под давлением. Выбор способа формирования зависит от перерабатываемого материала, конфигурации изделия, ее размера, производительности каждого способа.

Способ прессования обширно используется для переработки реактопластов и резиновых смесей. Прессование термопластов применяется ограниченно по причине его малой производительности. Способ применяется

при изготовлении маленьких партий толстых листов, изделий из вспененных термопластов.

Экструзией перерабатывают основную массу термопластов, из которых получают трубы и профильные изделия, пленки, листы, влагозащитные покрытия упаковочных материалов, электроизоляционные покрытия кабельной продукции.

Способом каландрования получают пленки и тонкие листы.

Литье под давление – более известный и прогрессивный способ переработки пластмасс, так как позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности при относительно небольших расходах и высокой производительности труда. В связи с высокой производительностью и сравнительно высокой стоимостью оснастки в основном используются при крупносерийном и массовом производстве изделий. Данный способ переработки наиболее предпочтительный для изготовления изделий со сложной конфигурацией, характеризующей высокую производительность, т.к. нагрев полимера происходит за пределами формы и позволяет получить поштучные изделия весом от 1 г до 100 кг.

Не смотря на то, что стоимость оборудования в данном процессе достаточна высока, его главным достоинством считается высокая производительность. В данном процессе дозированное количество расплавленного термопластического полимера впрыскивается под давлением в относительно прохладную пресс-форму, где и происходит его затвердевание в виде конечного продукта.

Таким образом, для изготовления изделия выбираем метод литье под давлением

Формы для литья под давлением квалифицируют на: стационарные, полустанционарные и ручные.

В стационарных формах целый цикл литья и их удаление из формы осуществляются именно на литьевой машине-автомате. Форма не снимается с машины до завершения изготовления данной программы выпуска деталей

Полустационарные формы имеют съемные оформляющие кассеты, которые после каждого цикла литья извлекаются из формы и разнимаются вне рабочей зоны машины автомата.

Ручные формы полностью извлекаются из зоны формирования после каждого цикла литья.

Форма является полностью ручной.

Главными параметрами процесса формирования материала являются температура расплава, температура формы, давление литья, время выдержки под давлением, время охлаждения.

Термопласти при литье переходят в вязко-тякучее состояние, вследствие этого с точки зрения температуры материала в процессе литья имеются нижние и верхние пределы. Нижний – ориентируется температурой текучести материала. Верхняя граница – определяется температурой деформации материала. Между значений границ выбирается подходящий интервал температуры переработки.

Температура литья задается и поддерживается по зонам нагрева .Процесс литья выполняется с помощью экструдера. После заливки пластика, форма охлаждается.

5.3 Проектирование технологического процесса в САМ - системе

Для каждой детали установки предусмотрена своя пресс-форма. В данной главе рассматриваем пример изготовления пресс-формы электромагнитного преобразователя расхода. В дальнейшем все пресс-формы изготавливаются по подобию Для написание g-cod используется программа ArtCAM. Изготовление и подачу g-cod производим на фрезерном станке с ЧПУ.

Перед тем как написать g-cod, деталь предварительно была изготовлена в программе SolidWorks.

Для начала работы, необходимо модель загрузить в программу (рисунок 53). Для данной модели мы будем использовать черновую и чистовую обработку.

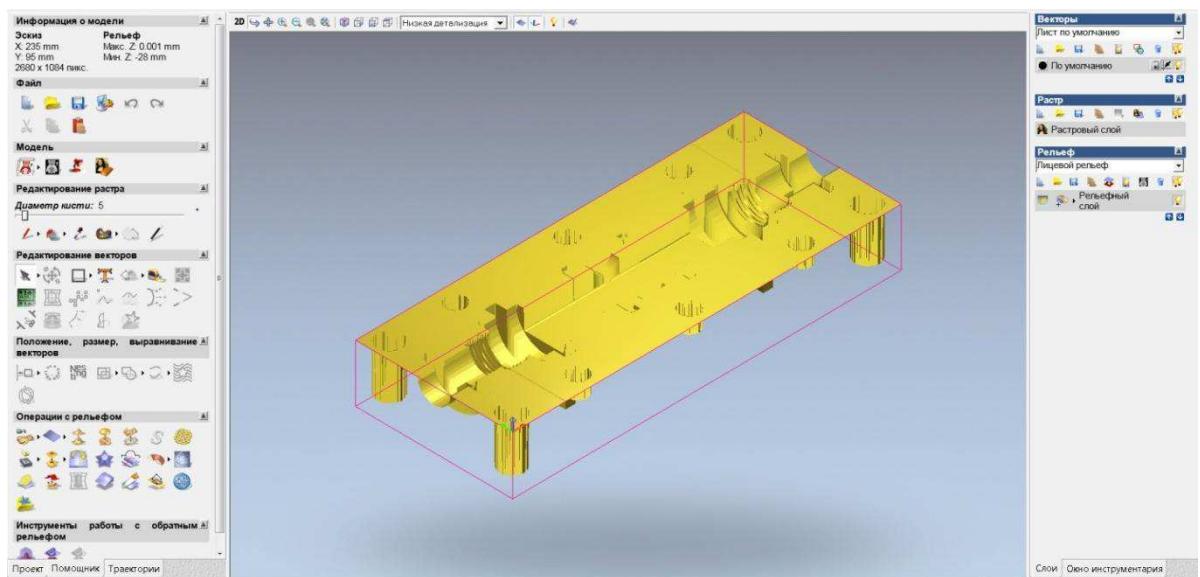


Рисунок 53 - Заносим модель в программу ArtCAM

Задаем параметры для черновой обработки. Выбираем инструмент для обработки. Для нашей модели наиболее подходящая концевая фреза. Данные фрезы показаны на рисунке 54. Параметры выбраны под материал изготавливаемой пресс-формы – алюминий.

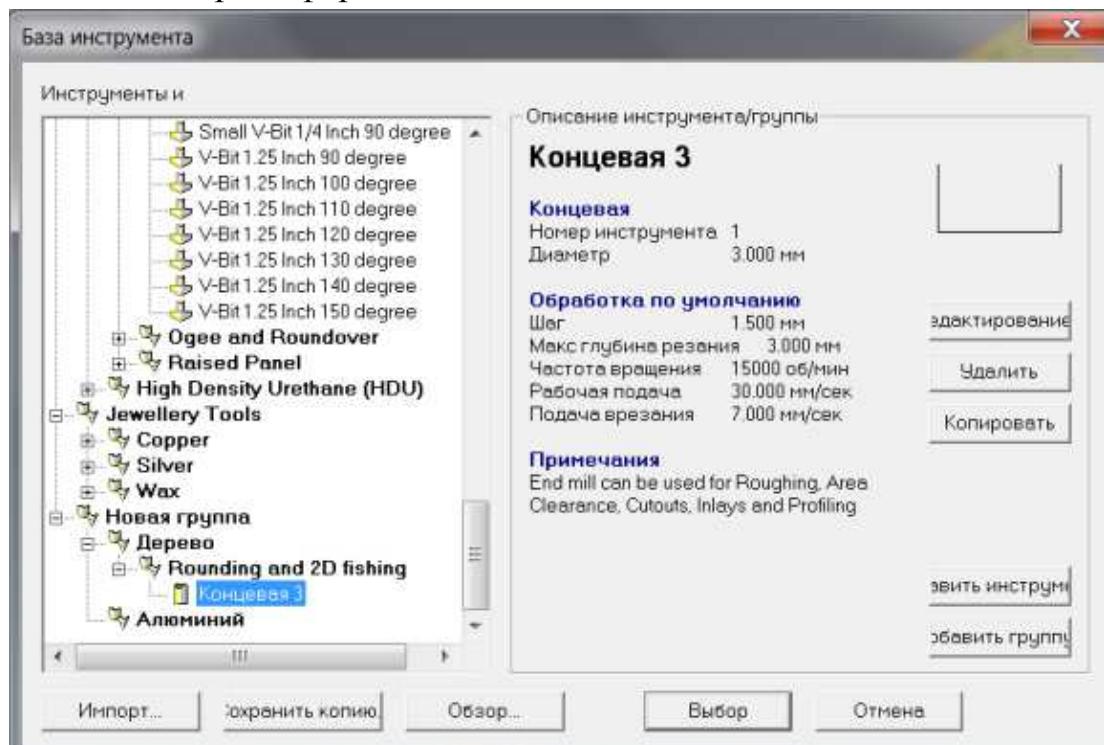


Рисунок 54 - Выбор инструмента

Далее мы выбираем заготовку для нашей пресс-формы. По рисунку 55 видно, что пресс-форму в заготовке можно расположить по разному, относительно оси Z. Фреза обрабатывает заготовку сверху, поэтому мы пресс-форма расположена как можно ближе к верхней точке.

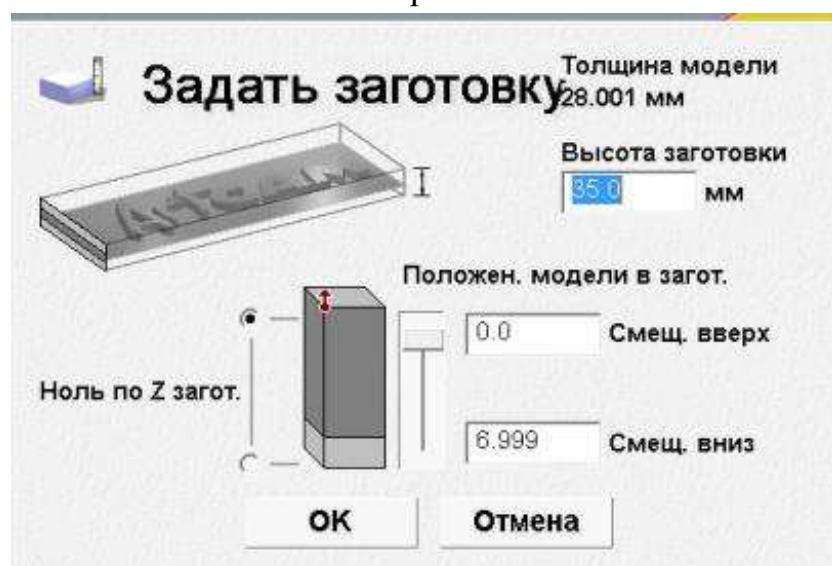


Рисунок 55 - Выбор и размещение заготовки

Дальше необходимо выбрать необходимые параметры для инструмента и материала. На рисунке 56 представлено минимально необходимые параметры.

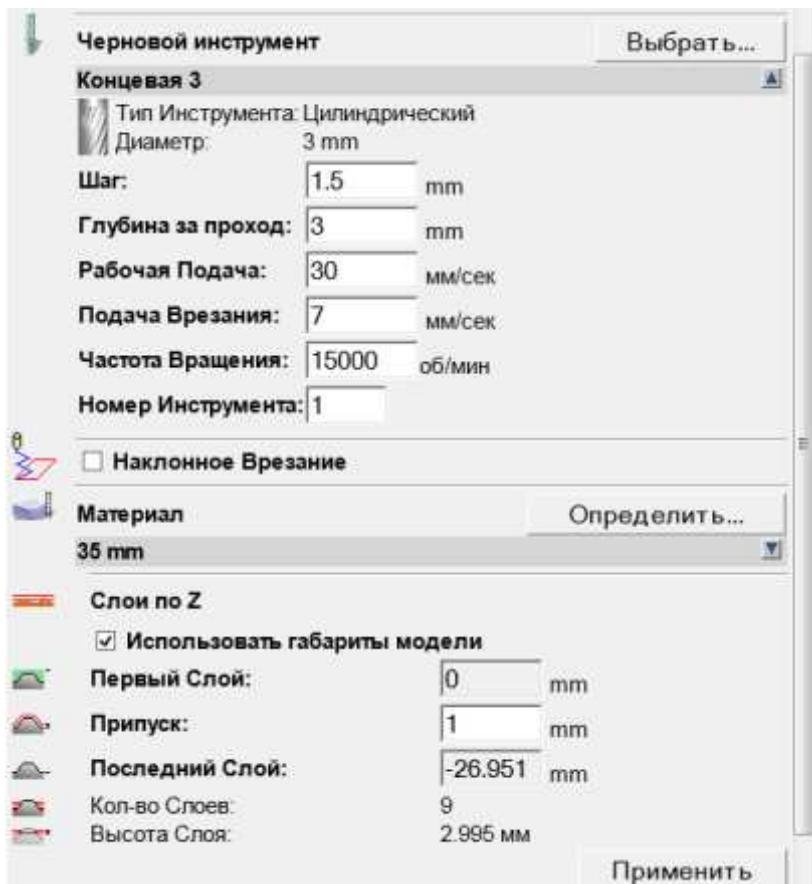


Рисунок 56 - Выбор необходимых параметров

Так же, для начала обработки, необходимо выбрать стратегию резания (рисунок 57). Для нашей детали мы выбираем растр без угла смещения.

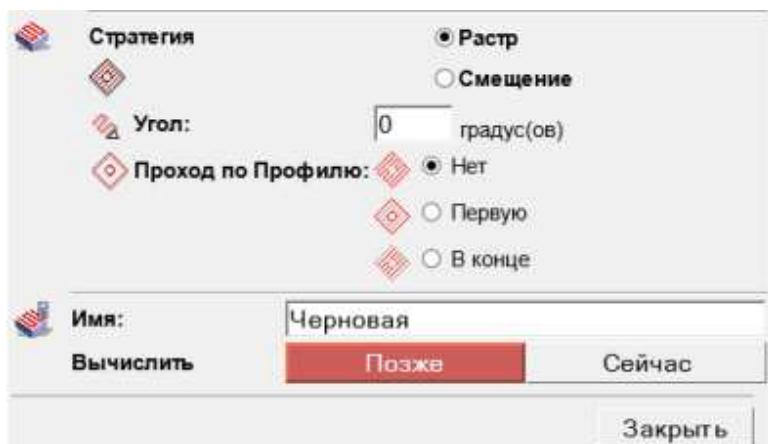


Рисунок 57 - Выбор стратегии резания

Для чистовой обработки, необходимо выбрать новый инструмент (рисунок 58). Для модели подходит коническая сферическая фреза. Данные фрезы вводим самостоятельно.

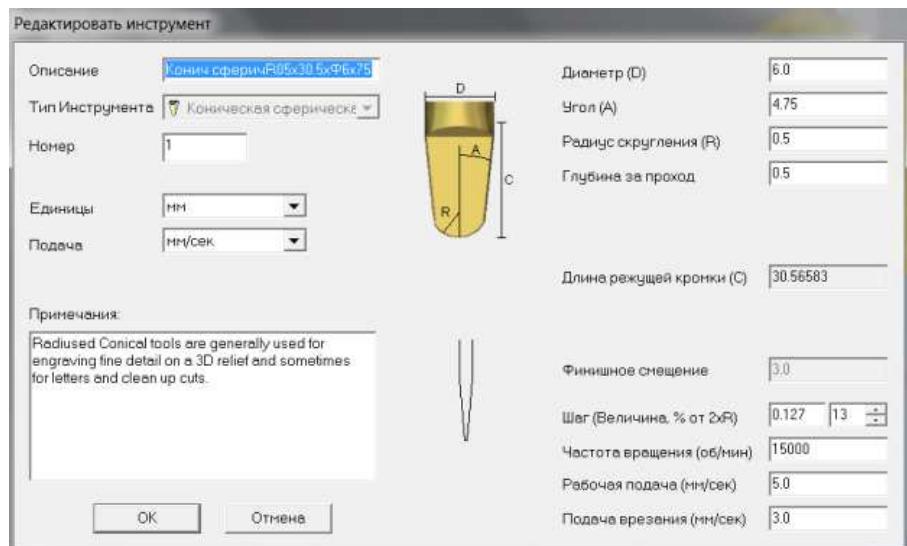


Рисунок 58 - Выбор фрезы для чистовой обработки

После этого, так же как и в черновой обработке, необходимо задать стратегию резания, параметры инструмента и материала (рисунок 59).

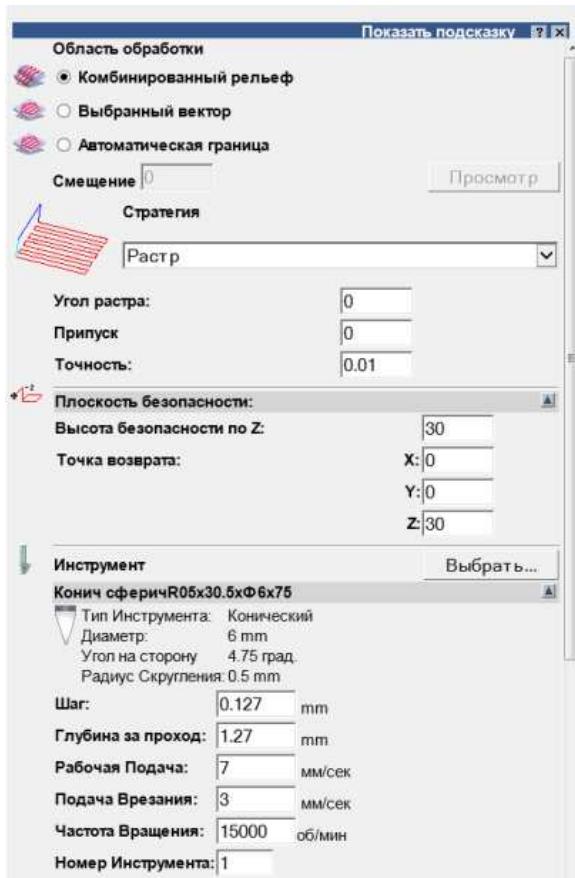


Рисунок 59 - Выбор параметров для чистовой обработки

На рисунке 60 показано, как будет проходить фреза по заготовке.

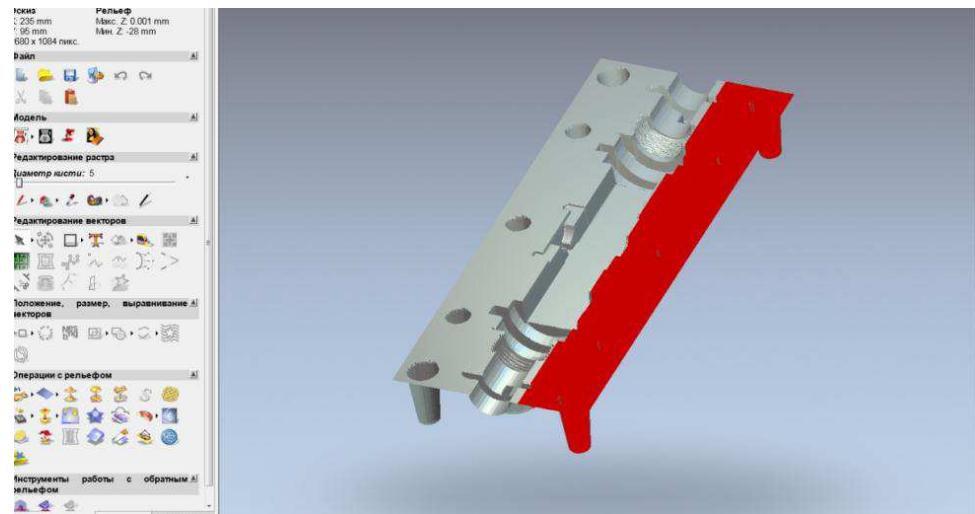


Рисунок 60 – Работа программы

G-код для изготовления детали приведен в приложении Б.

6 Технико-экономическое обоснование проекта

Целью технико-экономического обоснования является определение сметы на затрат на разработку установки.

Смета затрат - это выражение в денежной форме затрат предприятия на разработку и выполнения хозяйственно-договорной работы. Смета затрат будет складываться из затрат на:

- стоимость программного обеспечения и оборудования;
- заработную плату;
- электроэнергию;
- аренду помещения.

Далее представлен расчет всех составляющих сметы затрат на разработку проекта.

6.1 Расчет затрат на основное оборудование, программное обеспечение и разработку ПО

Стоимость затрат на приобретение оборудования, программного обеспечения и деталей для модернизации вычислим по формуле:

$$S_3 = S_{\text{об}} + S_{\text{прог}} + S_{\text{дет}} \quad (6.1)$$

где $S_{\text{об}}$ - стоимость затрат на приобретение основного оборудования, представлена в таблице 17;

$S_{\text{прог}}$ - затраты на приобретение программного обеспечения, представлены в таблице 18;

$S_{\text{дет}}$ - затраты на приобретение деталей для ремонта, представлены в таблице 19.

Таблица 17 - Стоимость основного оборудования

Наименование	Количество, шт	Стоимость, руб
Компьютер Intel	1	15000
Монитор	2	14000
Прочие материалы	1	2000
Общая стоимость		31000

Таблица 18 - Стоимость программного обеспечения

Наименование	Стоимость, руб.
Microsoft Windows 10	3000
Microsoft Office 2016	3880
SolidWorks Standart	47783
ArtCAM	20562
Autodesk EAGLE	3125
Общая стоимость	78350

Таблица 19 - Стоимость деталей для ремонта

Наименование	Количество, шт	Стоимость, руб
Расходомер	1	2000
Печатная плата	1	3000
Изготовление нестандартных деталей	6	8000
Шланги	3	800
Общая стоимость		13800

Общая стоимость затрат на приобретение оборудования и программного обеспечения равна:

$$S_3 = 31000 + 78350 + 13800 = 123150 \text{ руб}$$

6.2 Затраты на заработную плату

С 1 июня 2011 года в Российской Федерации повсеместно Единая Тарифная Сетка отменена. Во всех организациях бюджетной сферы РФ зарплата выплачивается по НСОТ. Оценка уровня квалификации персонала производится по правилам отраслевых систем сертификации.

Основным принципом новой системы оплаты труда (НСОТ) является разделение заработной платы работника на две части – на гарантированную часть, которая выплачивается работнику за исполнение должностных обязанностей, и на стимулирующую часть, размер которой зависит от того, насколько качественно, эффективно и результативно работал сотрудник. Размер стимулирующей выплаты не ограничен.

В период разработки ПО оклад инженера составил 10000 рублей в месяц.

$$S_{\text{окл}} = 10000 \text{ руб}$$

Тарифная заработка плата (оклад) инженера дипломного проекта без районного и территориального коэффициента составила:

$$S_{\text{OCH}}^{\text{ИТР}} = S_{3/\Pi}^{\text{МЕС}} \cdot n = 10000 \cdot 4 = 40000 \text{ руб.}, \quad (6.2)$$

где $n=4$ – количество месяцев работы по 21 рабочему дню в каждом.

Выплата районного коэффициента 30% рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{РАЙ.К}}^{\text{ИТР}} = S_{\text{OCH}}^{\text{ИТР}} \cdot k_{\text{Р.К.}}, \quad (6.3)$$

$$S_{\text{РАЙ.К}}^{\text{ИТР}} = 40000 \cdot 0.3 = 12000 \text{ руб.}$$

Выплата северного коэффициента 30% рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{СЕВ.К}}^{\text{ИТР}} = S_{\text{OCH}}^{\text{ИТР}} \cdot k_{\text{С.К.}}, \quad (6.4)$$

$$S_{\text{СЕВ.К}}^{\text{ИТР}} = 40000 \cdot 0.3 = 12000 \text{ руб.}$$

Общая заработка плата инженера дипломного с учетом районного и территориального коэффициента составила:

$$S_{\text{ОБЩ}}^{\text{ИТР}} = S_{\text{OCH}}^{\text{МЕС}} + S_{\text{РАЙ.К}}^{\text{ИТР}} + S_{\text{СЕВ.К}}^{\text{ИТР}} = 40000 + 12000 \cdot 2 = 64000 \text{ руб} \quad (6.5)$$

Дополнительная заработка плата составляет 20% от основной:

$$S_{\text{ДОП}}^{\text{ИТР}} = S_{\text{ОБЩ}}^{\text{ИТР}} \cdot 0.2 \quad (6.6)$$

$$S_{\text{ДОП}}^{\text{ИТР}} = 64000 \cdot 0.2 = 12800 \text{ руб}$$

Итого, заработка плата ведущего инженера без начисления на страховые взносы составила:

$$\Phi_{\text{ОПЛ.ТР.}}^{\text{ИТР}} = S_{\text{ОБЩ}}^{\text{ИТР}} + S_{\text{ДОП}}^{\text{ИТР}} \quad (6.7)$$

$$\Phi_{\text{ОПЛ.ТР.}}^{\text{ИТР}} = 64000 + 12800 = 76800 \text{ руб}$$

Отчисления на страховые взносы составили:

$$S_{\text{соц.от}} = R_{\text{соц.от}} + \Phi_{\text{опл.тр.}}^{\text{ИТР}} \quad (6.8)$$

где $R_{\text{соц.от}} - 30\%$, состоит из трех составляющих:

- пенсионный фонд РФ – 22%;
- фонд социального страхования РФ – 2.9%;
- федеральный ФОМС – 5.1 %;
- страхование от несчастного случая – 0.2%.

$$S_{\text{соц.от}} = 0.3 \cdot 76800 = 23040 \text{ руб}$$

Заработка плата с отчислениями на страховые взносы составила:

$$\Phi_{\text{соц.н}}^{3/\Pi} = \Phi_{\text{опл.тр.}}^{\text{ИТР}} + S_{\text{соц.от}} = 76800 + 23040 = 99840 \text{ руб} \quad (6.9)$$

6.3 Затраты на электроэнергию

Исходные данные для расчета стоимости электроэнергии:

- мощность, потребляемая ПК с монитором - 450 Вт;
- мощность, потребляемая генератором – 150 Вт;
- мощность, потребляемая лампой дневного света – 40 Вт;
- количество ламп в помещении – 30 шт.

Расходы на электроэнергию в день:

$$S_{\text{эл.д}} = (P_{\text{ПК}} + P_{\text{ген}} + P_{\text{л}} \cdot n) \cdot N_{\text{ч}} \cdot T_{\text{эл}} \quad (6.10)$$

где $P_{\text{ПК}}$ – мощность, потребляемая ПК с монитором;

$P_{\text{ген}}$ – мощность, потребляемая генератором;

$P_{\text{л}}$ – мощность, потребляемая лампой дневного света;

n – количество ламп дневного света;

$T_{\text{эл}}$ - тариф на электроэнергию;

$N_{\text{ч}}$ – часов рабочий день.

$$S_{\text{эл.д}} = (0,4 + 0,15 + 0,04 \cdot 30) \cdot 8 \cdot 1,83 = 25.62 \text{ руб.}$$

Расход на электроэнергию, затраченную на разработку:

$$S_{\text{эл}} = S_{\text{эл.д}} \cdot N \quad (6.11)$$

где N – количество дней.

$$S_{\text{эл}} = 25.62 \cdot 100 = 2562 \text{ руб.}$$

6.4 Затраты на амортизацию оборудования

При разработке программ использовался персональный компьютер, следовательно, затраты на амортизацию найдем по следующей формуле:

$$Z_A = Z_{\text{АК}} \quad (6.12)$$

где $Z_{\text{АК}}$ – затраты на амортизацию персонального компьютера.

Определим затраты на амортизацию компьютера по формуле:

$$Z_A = \frac{C_K \cdot n_m}{n_1 \cdot 12} \quad (6.13)$$

где C_K – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

n_m - время использования, мес.;

n_1 - срок службы, лет.

$$Z_A = \frac{31000 \cdot 4}{5 \cdot 12} = 2066 \text{ руб}$$

6.5 Расходы на аренду помещения

Расходы на аренду помещения за время разработки системы составили:

$$Z_{\text{АП}} = Z_A \cdot \Pi \cdot T_p \quad (6.14)$$

где: Z_A – стоимость аренды 1 м^2 площади, руб.;

Π – площадь помещения, м^2 ;

T_p – продолжительность этапа разработки, мес.

$$Z_{\text{АП}} = 150 \cdot 12 \cdot 4 = 7200 \text{ руб}$$

6.6 Расчет сметы затрат на замену деталей установки

Все затраты, связанные с расходами на проектирование и изготовление установки приведены в таблице 20 и показаны на рисунке 61 с помощью диаграммы.

Таблица 20 - Затраты на проектирование

Наименование затрат	Сумма затрат, руб	Фактические затраты, руб.
Затраты на основное оборудование и программное обеспечение	123150	20562
Основная заработка плата ведущего инженера	64000	64000
Дополнительная заработка плата ведущего инженера	12800	12800
Отчисления на социальные нужды	23040	23040
Затраты на электроэнергию	2562	2562
Затраты на амортизацию оборудования	2066	2066
Расходы на аренду	7200	7200
Итого	234818	214256

Расчет произведен с учетом покупки компьютера и программного обеспечения. В действительности, компьютер и программное обеспечение были в эксплуатации. Следовательно, фактические затраты уменьшились.

Выводы.

1. Был произведен расчет экономических параметров и составлена смета затрат, также произведено экономическое обоснование проекта.
2. Все задачи решились с учетом требования рынка на сегодняшний день, т.е. использовались новые программные продукты, стандарты, а также современное технологическое оборудование, что говорит о реальной пользе проделанной работы.

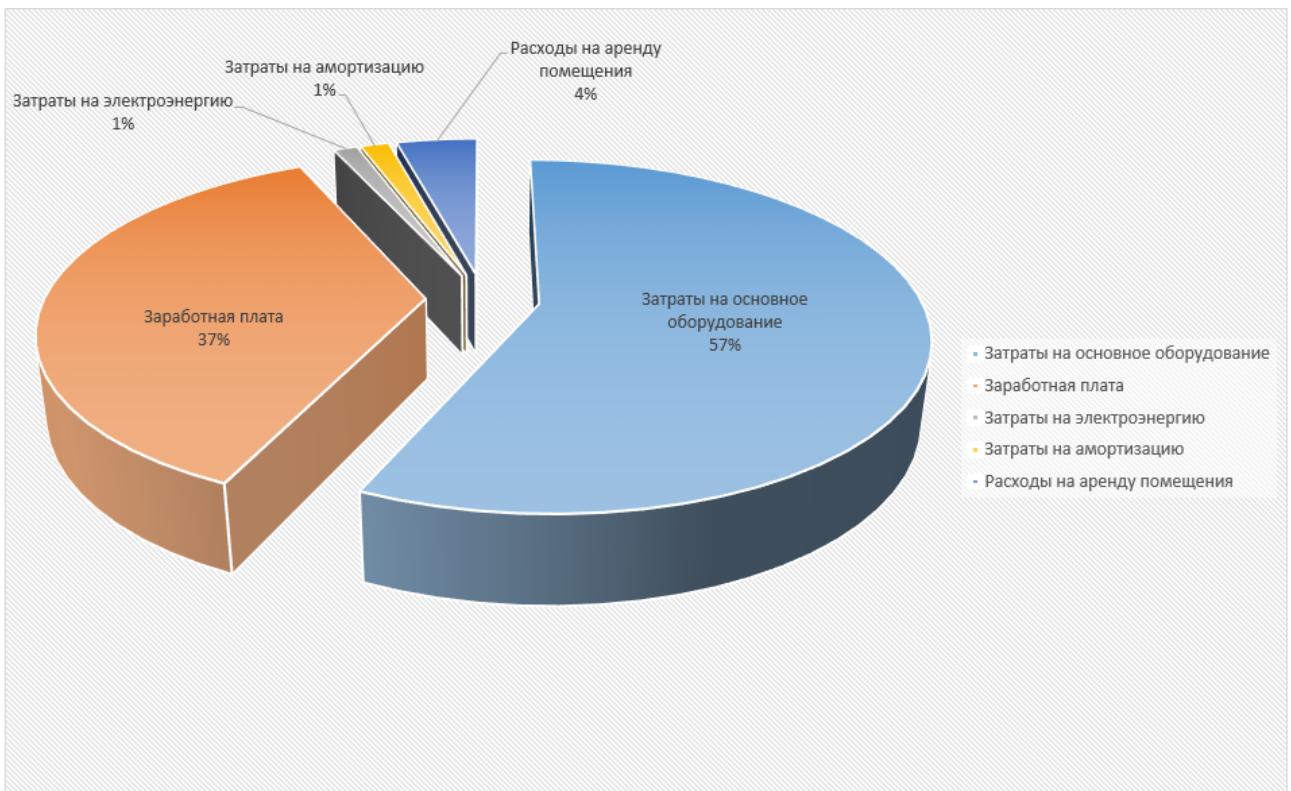


Рисунок 61 - Диаграмма затрат на разработку установки

7 Безопасность и экологичность проекта

В данной главе рассматриваются вопросы безопасности и экологичности при выполнении дипломной работы, основная тема которой: проектирование систем управления учета потребления воды. Место выполнения работы – лаборатория «ООО АСМК».

7.1 Идентификация и анализ опасных и вредных факторов

Во время работы с ЭВМ на оператора могут воздействовать следующие вредные факторы производства:

- статическое электричество;
- поражение электрическим током;
- воздействие электромагнитного излучения;
- повышенный уровень шума;
- ионизирующее излучение;
- умственное напряжение;
- нарушенный микроклимат;
- недостаточное освещение;
- монотонность труда;

Воздействие указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению работоспособности, вызываемому развивающимся утомлением.

7.2 Снижение воздействий на оператора ЭВМ опасных и вредных факторов

7.2.1 Организация рабочего места

В соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2.542-96 "Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы" к рабочему месту предъявляются следующие требования:

- достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществить все необходимые движения и перемещения;
- достаточные зрительные, физические и слуховые связи между оператором и машиной;
- оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места;

Работа оператора происходит в выделенном ему помещении. Рабочее кресло легко перемещается и поворачивается, имеет регулируемое по высоте сиденье,

наклон спинки и сиденья, а также оптимальную твердость рабочих поверхностей.

Имеется два монитора. Экраны дисплея размещаются на оптимальном расстоянии от оператора (0,6 - 0,7 м.), при этом плоскость экрана перпендикулярна линии взора, что достигается наклоном рабочих панелей, которые обеспечивают регулировку угла наклона по горизонтали в пределах 20° и по вертикали 30°. Мониторы имеют регулировку яркости и контраста.

Схема помещения изображена на рисунке 62.

7.2.2 Освещение рабочего места

Работа на ЭВМ связана с повышенными зрительными нагрузками и адинамией глазных мышц, т.е. их малой подвижности при высоком статическом зрительном напряжении в течении длительного времени, что может стать причиной различных глазных заболеваний. По зрительным условиям работа оператора ЭВМ относится к высокой точности (разряд III, подразряд В). Рациональное освещение рабочего места оператора оказывает положительное психофизическое воздействие на работающих, способствует сохранению производительности в процессе труда.

В соответствии с требованием СанПиН 2.2.2.542-96, освещенность на поверхности стола в зоне размещений рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещенность не должно создавать бликов на поверхности экрана.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 21

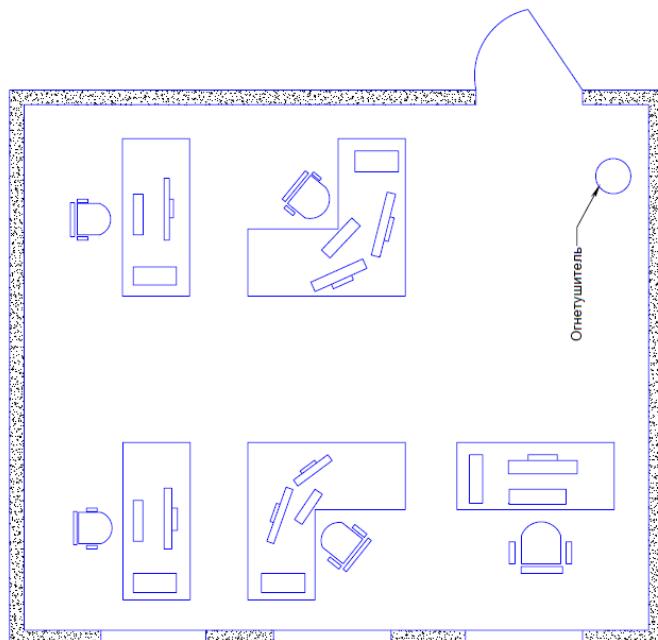


Рисунок 62 - Схема помещения

Для расчета освещенности воспользуемся методом светового потока.

Световой поток для ламп накаливания и для группы люминесцентных ламп рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{E_h \cdot S \cdot z \cdot k}{\eta \cdot N}, \quad (7.1)$$

где: F – световой поток;

E_h – нормируемая освещенность, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

z – коэффициент минимальной освещенности;

k – коэффициент запаса;

N – количество светильников, шт;

η – коэффициент использования светового потока.

Таблица 21 - Исходные данные для расчета освещенности рабочего места оператора ЭВМ

Наименование показателей	Значение
Размер помещения, м.:	
длина (A)	8
ширина (B)	7
высота (H)	3
Коэффициент отражения светового потока, %:	
от пола (рпола)	30
от полотка (рп)	70
от стен (рс)	50
Нормируемая освещенность (E), лк.	400
Коэффициент минимальной освещенности (z)	1.2
Коэффициент запаса (k)	1.4

Коэффициент использования светового потока характеризуется коэффициентом отражения от стен (рс), потолка (рп) и пола (рпола), а также зависит от индекса помещения, который определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A \cdot B)}, \quad (7.2)$$

где: A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

h – расстояние от светильника до рабочей зоны, м;

Высоту подвеса светильника можно рассчитать по формуле:

$$h = H - hl, \quad (7.3)$$

где: H – высота помещений, м;

hl – уровень рабочей поверхности от пола, м.

$$h = 3 - 1.2 = 1.8,$$

$$i = \frac{8 \cdot 7}{1.8 \cdot (8 + 7)} = 2.07$$

По результатам расчета, при условии, что $\rho_c = 50\%$, $\rho_p = 70\%$, $\rho_{pol} = 30\%$ определяем $\eta = 0.33$. Подставим значение в формулу (7.1)

$$F = \frac{400 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 1.2 \cdot 1.4}{0.5} = 5264 \text{ лм}$$

Определив световой поток, выбираем лампу ЛД-40 со значением светового потока $F = 2300$ лм и световой отдачей $\psi = 55$ лм/Вт.

Рассчитаем мощность лампы ЛД – 80:

$$W_l = \frac{F}{\psi}, \quad (7.3)$$

где: W_l – мощность лампы, Вт;

ψ – световая отдача лампы, Вт.

$$W_l = \frac{2300}{55} = 41,8 \text{ Вт}$$

Необходимое количество ламп:

$$N = \frac{F}{F_l}, \quad (7.4)$$

где: N = необходимое число ламп;
 F = общий световой поток;
 F_l = световой поток одной лампы;

$$N = \frac{75264}{2300} = 32 \text{ шт}$$

Мощность всей осветительной установки определим по формуле:

$$W_{oy} = W_l \cdot N, \quad (7.5)$$

где: W_l = мощность лампы, Вт;
 N = количество светильников;

$$W_{oy} = 85.04 \cdot 17 = 1445 \text{ Вт}$$

7.2.3 Расчет уровня шума

Источником шума в помещении оператора установки является шум создаваемый работающим компьютером.

Уровень звукового давления источника шума, действующих на оператора, на его рабочее место, представлены в таблице 22

Таблицы 22 - Источники шума

Источник шума	Уровень шума, дБ
Жесткий диск	40
Вентилятор (компьютер)	45
Монитор	17
Клавиатура	10
Вентилятор (система вентиляции)	60

Рабочее место оператора оснащено следующим оборудованием: винчестер в системном блоке, вентилятор системы охлаждения ПК, монитор, клавиатура.

Подставив значения уровня звукового давления для каждого вида оборудования в формулу, получим:

$$L\Sigma = 10 \cdot \log(10^4 \cdot 10^{4.5} \cdot 10^{1.7} \cdot 10^1 \cdot 10^{4.5}) = 60.1 \text{ дБ}$$

Полученное значение не превышает допустимый уровень шума, равный 65 дБ.

Уровень постороннего шума, проникающего в помещение, не велик и не оказывает большое влияние на общую картину шумов. Источник вибрации отсутствует.

Мероприятие по снижению шума:

1. наличие в помещении герметичных рам, плотно закрытых окон.
2. использовать вентилятор соответствующий действующим нормативам и находящийся в исправном состоянии
3. использовать компоненты персонального компьютера сертифицированные РОСтест и находящиеся в исправном состоянии

7.2.4 Электромагнитное и ионизирующее излучение

На человека в процессе жизнедеятельности действуют естественные магнитные поля, а так же искусственные электромагнитные поля. Сейчас любые электронные приборы создают электрические и магнитные поля, избежать появления которых полностью не удается по причине технологического характера.

Воздействие ЭМП на расстоянии 50 см, не должно превышать в течении рабочего дня электрической составляющей для частот:

- от 5 Гц до 2 кГц – 25 В/м;
- от 2 Гц до 400 кГц – 2.5 В/м;

По магнитной составляющей для частот:

- 60 КГц – 5 А/м;
- от 30 до 50 МГц – 0.3 А/м;

Плотность магнитного потока не более:

- от 5 Гц до 2 кГц – 250 нТл;
- от 2 до 400 кГц – 25 нТл;

Поверхностный электростатический потенциал не более 500 В.

По энергетической составляющей:

- ППЭ не более 10 Вт/м².

Любой монитор, основным элементом которого является электроннолучевая трубка (ЭЛТ), создает электрические и магнитные поля.

Для снижения воздействий этих видов излучения применяем мониторы с пониженным уровнем излучения, устанавливаем защитные экраны, а так же соблюдаем регламентированные режимы труда и отдыха.

Для защиты оператора от воздействия ЭМП, интенсивность которого превышает предельно допустимые нормы, используют:

- экранирование системного блока (предусмотрено конструкцией);
- удаление рабочего места от источника ЭМП не менее чем на 50 см.

7.2.5 Микроклимат в помещении оператора

Микроклимат на рабочем месте оператора ЭВМ характеризуется следующими параметрами: температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха. Перечисленные параметры оказывают большое влияние на функциональную деятельность оператора, его самочувствие и здоровье, а также на надежность работы оборудования рабочего места оператора.

Температура воздуха является основным параметром, характеризующим тепловое состояние микроклимата. Температура воздуха на рабочем месте оператора зависит от:

- ЭВМ (до 200 ккал/час на 1 м² площади);
- - люминесцентные лампы (0.03 ккал/час на 1 м² площади на каждый люкс освещенности);
- - обслуживающий персонал (до 130 ккал/час на чел.);
- - теплота, поступающая через окна от солнечной радиации;
- - приток теплоты через непрозрачные ограждающие конструкции (60-180 ккал/м²).

Согласно нормам производственного микроклимата, воздух в рабочем помещении должен соответствовать следующим требованиям:

Таблица 23 - Требования к воздуху в рабочем помещении

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении Относительная влажность Скорость движения воздуха	22...24°C 40...60% до 0.1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении Относительная влажность Скорость движения воздуха	23...25°C 40...60% 0.1...0.2 м/с

Категория работ легка, так как работы производятся сидя без передвижения и физических усилий.

Приведем перечень мероприятий по выполнению норм микроклимата:

1. для оценки температуры в помещении принято применять спиртовые термометры, так как они предназначены для измерения температуры в большом диапазоне -40°C до 40°C.
2. для оценки влажности воздуха на рабочем месте оператора ЭВМ необходимо использовать аспирационные психрометры, так как они снабжены пружинами или электрическими проводами, что позволяет создать определенную скорость движения воздуха около шариков термометра, не зависящую от скорости воздушных потоков в помещении, и за счет этого повышается точность.
3. на рабочем месте оператора для нормирования параметров микроклимата предусматривается система отопления, которая обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещении в холодный период времени, а также безопасность в отношении пожара и взрыва.
4. для организации вентиляции предусматривается установка вентиляции.

7.2.6 Эргономические требования к рабочему месту

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места программиста должны быть соблюдены следующие основные условия:

- оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места;
- достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения;
- необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач;
- уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения.

Главными элементами рабочего места оператора являются письменный стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Рабочее место для выполнения работ в положении сидя организуется в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление программиста. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

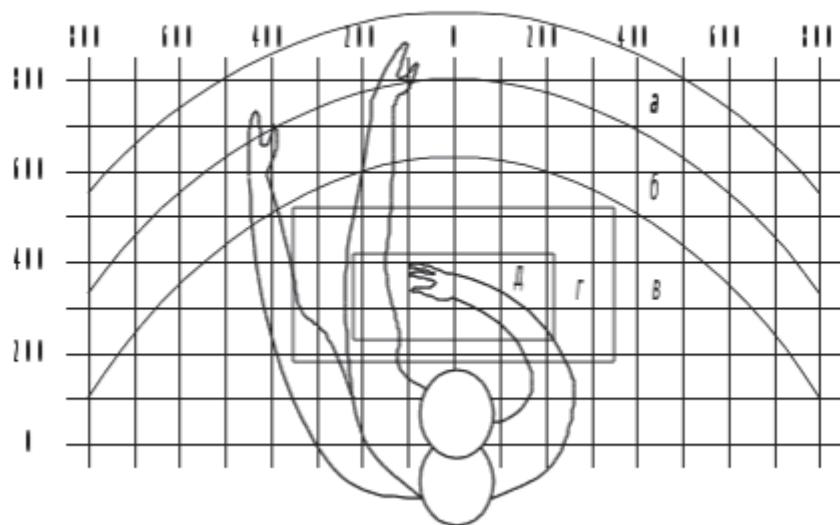


Рисунок 63 - Рабочее место оператора

Наиболее удобным должно быть рабочее кресло, поэтому предусматривается, передвижное рабочее кресло с регулируемым по высоте сиденьем и регулируемым наклоном спинки. Сиденье имеет выемку, соответствующую форму бедер. Спинка имеет изогнутую форму, обнимающую поясницу. Для удобства высота стула настраивается под рост.

Ступни ног стоят на полу так, чтобы образуемый в коленях угол составлял 90° или больше. Икры ног находятся в расслабленном состоянии, суставы не перегружены. Части рук от локтя до кисти во время ввода находятся

параллельно полу, плечи и предплечья расслаблены. Верхний край изображения монитора находится на линии глаз.

Режим труда и отдыха работников принят в соответствии с законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации, а также СанПиН.

Режим труда – 6-ти часовой рабочий день для приема пищи и отдыха с целью снять утомление после работы в первой половине дня.

Обеденный перерыв представляется в 13:00 ч., длительностью полтора часа. Каждые 15 минут оператору необходимо делать гимнастику для глаз.

7.3 Обеспечение электробезопасности

Электрические установки, к которым относится все оборудование, питаются из сети.

Параметры питающей сети:

- номинальное напряжение 220В;
- частота переменного тока 50 Гц;
- тип сети – однофазный с нулевым проводом;
- Токопроводящие части ЭВМ, нетоковедущие в нормальном режиме, должны быть занулены.

Защитный эффект зануления заключается в уменьшении длительности замыкания на корпусе, а, следовательно, в сокращении времени воздействия электрического тока на человека. Это достигается благодаря подключению металлических корпусов электроустановок к нулевому проводу. При таком подключении любое замыкание на корпусе становится однофазным коротким замыканием, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита, которая селективно отключает поврежденный участок сети. В соответствии с этим зануление прежде всего рассчитывается на отключающую способность токовой защиты.

В случае замыкания токоведущих частей с корпусом оператора может поразить электрическим током. Для устранения этой опасности применяются защитное зануление. Российские стандарты розеток предусматривает защитное зануление.

Еще одна из опасностей, которой подвергается оператор при работе с ЭВМ и периферийными устройствами – статический заряд. В помещении разрядные токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении обслуживающего персонала к любому элементу ЭВМ. Такие

разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений, они могут привести к выходу из строя ЭВМ.

Для снятия электрических зарядов с дисплея применяется заземленный защитный экран.

7.4 Пожарная безопасность

Пожары представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Горючими материалами в лаборатории является:

- строительные материалы для акустической и эстетической отделки;
- мебель;
- двери;
- полы;
- изоляция сетевых и сигнальных кабелей;
- корпуса дисплеев и т.д.

В связи с наличием пожароопасных веществ, источников загорания в лабораториях встает проблемы проведения противопожарных мероприятий.

Система электропитания проложена через стену и изолирована негорючими материалами.

Помещение по категории функциональной пожарной опасности относится к категории «Ф4.3». Согласно СНиП 21-01.97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» степень огнестойкости здания II. Предел огнестойкости строительных конструкций 25-120 мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте ставилась цель разработки универсальной установки для поверки счетчиков воды, позволяющей поверять счетчики воды как без демонтажа счетчиков, так и с демонтажем счетчиков на время проведения их поверки.

Во время разработки производилось проектирование измерительного блока, эталонного преобразователя расхода и компактной проточной установки.

Произведена модернизация механической части модели в пакете SolidWorks.

Разработана принципиальная схема, на основе которой выбраны элементы печатной платы.

Данная установка является актуальной на сегодняшний день для внедрения в производство из-за своих конструкционных и скоростных преимуществ.

Было проведено технико-экономическое обоснование проекта, которое показало, что основные расходы связаны с приобретением оборудования и программного обеспечения.

Безопасность и экологичность проекта соответствуют нормам и стандартам, установленным в Российской Федерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2/Под общ. ред. Е. А. Шорникова. — 5-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Политехника, 2004. — 412 с.
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. Л.: Машиностроение, 1989.
3. Расчет и подбор расходомера [Электронные ресурсы] – Режим доступа: <http://studepedia.org>.
4. Определение класса точности [Электронные ресурсы] – Режим доступа: <https://studwood.ru/>.
5. Михайлов А. К., Малюшенко В. В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. М., «Машиностроение» 1977 - 288 с.
6. Технология изготовления печатных плат. – Л.: Машиностроение, Ленинград отд-ние, 1984. – 77 с.
7. CAD/CAM/CAE решения компании Delcam [Электронный ресурс]: статья о приложении DelcamforSolidWorks –Режим доступа: <http://www.delcam.com/software/delcam-for-solidworks/index.asp>.
8. СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий
9. СТО 4.2 – 07-2014 Система менеджмента качества Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности- К.: СФУ, 2014 – 60 с.
10. ГОСТ 8.586.4-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Трубы Вентури. Технические требования.
11. ГОСТ 8.156-83 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Счетчики холодной воды. Методы и средства поверки.
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Введ. впервые; дата введ. 30.06.2003. – М: Стандартинформ, 2003. – 39с.
13. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату помещений.
14. Организация производства и менеджмента: Курс лекций / Л.И. Канафордская. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. – 140 с.
15. Безопасность и экологичность проекта: метод. указания / сост.: Т.В. Игнатенко. – Красноярск ИПК СФУ, 2009. – 40 с.

16. Федеральный закон № 123 от 22.07.2008 г. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

17. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. Введ. впервые; дата введ. 1.01.1996. – М: Стандартинформ, 1998. -39 с.

18. СНиП 21-05-07 Пожарная безопасность зданий и сооружений. Введ. впервые; дата введ. 30.06.2007. – М: Стандартинформ, 2003. – 32 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Б. Масальский
подпись
«11. » июня 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Проектирование системы учета потребления воды

Руководитель

А.Н. Сочнев 11.06.18
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

А.Н. Сочнев

Выпускник

Т.Ф. Васilenkova 11.06.18
подпись, дата

Т.Ф. Васilenkova

Нормоконтролёр

В.Н. Куликова 11.06.18
подпись, дата

В.Н. Куликова

Красноярск 2018