

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Факультет профессионального образования

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему «Разработка проекта устройства по контролю и измерению по-  
казателей окружающей среды»

студента группы КСК9-17-1спо по специальности 09.02.01 Компьютерные  
системы и комплексы

Пушкарева Никиты Евгеньевича \_\_\_\_\_

Руководитель проекта: \_\_\_\_\_ Е.Л. Федосеева

Консультант по  
экономической части: \_\_\_\_\_ К.В. Кондратьева

Консультант по промышленной экологии  
и охране труда: \_\_\_\_\_ А.К. Тороцин

Рецензент: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Допуск к защите: \_\_\_\_\_ М.Н. Апталаев

Лысьва, 2022 г.

Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации  
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
ПЦК «Естественнонаучных дисциплин»

Утверждаю:

Председатель ПЦК

\_\_\_\_\_ М.Н. Апталаев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

### **ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы**

студента ПУШКАРЕВА Никиты Евгеньевича курса 4  
группы КСК9-18-1спо  
специальность 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Тема задания «Разработка проекта устройства по контролю и измерению показателей окружающей среды»

Структура выпускной квалификационной работы такова:

*а) Введение.* Аргументировать актуальность выбранной темы, ее теоретическое значение и практическую значимость, сформулировать цель и конкретные задачи исследований. Конкретизировать объект и предмет исследований.

*б) Исследовательский раздел.* Принципы контроля окружающей среды и анализ показателей по их контролю. Принцип измерений показателей окружающей среды. Анализ существующих решений. Анализ требований к устройству.

*в) Конструкторский раздел.* Структурная схема разрабатываемого устройства. Выбор комплектующих для разрабатываемого устройства. Разработка программы и устройства.

*г) Охрана труда и промышленная экология.* Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте инженера-электронщика. Разработка средств защиты от воздействия выбранного ВиОПФ. Экологические требования к утилизации вычислительной и оргтехники, а также их расходных материалов.

*д) Организационно-экономический раздел.* Выполнение технико-экономического оценки разработанного устройства.

*е) Заключение.* Краткое изложение решенных задач, актуальность работы, соответствие полученных результатов теме и заданию ВКР.

ж) Список использованных источников.

з) Приложения.

Дата выдачи \_\_\_\_\_  
Срок окончания \_\_\_\_\_  
Е.Л. Федосеева/

Руководитель ВКР  
\_\_\_\_\_ /

«\_\_\_» \_\_\_\_\_

2022 г.

Задание утверждено на заседании ПЦК «Естественнонаучных дисциплин» протокол № \_\_\_\_\_ 2022 г.

Председатель ПЦК \_\_\_\_\_ / М.Н. Апта-  
лаев /

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
 «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

ПЦК «Естественнонаучных дисциплин»

Утверждаю  
 Председатель ПЦК  
 \_\_\_\_\_ М.Н. Апталаев  
 «15» февраля 2022 г.

График выполнения выпускной квалификационной работы  
 студента группы *КСК9-18-1с10*  
 специальности *09.02.01 Компьютерные системы и комплексы*

Пушкарев Никита Евгеньевич

(фамилия, имя, отчество)

Содержание	Сроки	Отметка о выполнении	Дата							Подпись
Введение	08.03 – 20.04									
1. Теоретическая часть	20.04 – 30.04									
2. Охрана труда и БЖД										
3. Промышленная экология	01.05 – 17.05									
4. Инженерно-технической часть	18.05- 25.05									
5. Организационно-экономическая часть	26.05- 30.05									



« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Согласовано:

Председатель ПЦК «Естественнонаучных дисциплин»  
\_\_\_\_\_ / М.Н. Апталаев /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РЕФЕРАТ

Пушкарев Н.Е. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УСТРОЙСТВА ПО КОНТРОЛЮ И ИЗМЕРЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, выпускная квалификационная работа: стр.65, рис. 15, табл. 9, библи. 13 назв.

УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ, ДАТЧИК УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.

Объект исследования – концентрация углекислого газа в атмосфере.

Цель работы – разработка проекта устройства по контролю и измерению показателей окружающей среды.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования отдельных составляющих и аппаратной системы в целом.

В результате исследований были исследованы различные способы и устройства для измерения показателей окружающей среды, таких как углекислый газ, температура воздуха, влажность воздуха.

Основные конструктивные и экономические показатели: простота в разработке и использовании, экономически выгодное устройство, востребованная на предприятиях.

Система может применяться для контроля микроклимата в помещениях, где работают люди, и на производстве, где нарушения технологических процессов недопустимы; контроля содержания углекислоты во входящем воздушном потоке; для проверки текущего уровня и быстрой нормализации нарушенного газообмена.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ.....	7
1.1 Принципы контроля окружающей среды и анализ показателей по их контролю.....	7
1.2 Принцип измерений показателей окружающей среды.....	7
1.3 Способы измерения углекислого газа в окружающей среде.....	8
1.4 Существующие приборы для измерения углекислого газа в помещении.	13
1.5 Формирование требований к проектируемому устройству.....	16
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	18
2.1 Обоснование и выбор инструментального обеспечения проекта.....	18
2.2 Разработка функциональной схемы проекта.....	21
2.3 Разработка алгоритма работы устройства.....	22
2.4 Выбор комплектующих для разрабатываемого устройства.....	23
2.5 Разработка программы и устройства.....	27
3 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ.....	31
3.1 Мероприятия по снижению воздействия выявленных вредных и опасных факторов по отношению с инженером.....	31
3.2 Обеспечение безопасности труда на рабочем месте "Инженера - электроника".....	34
3.3 Экологические требования к утилизации вычислительной и оргтехники, а также их расходных материалов.....	36
3.4 Вывод по разделу.....	38
4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	40
4.1 Расчет затрат на разработку программы для «Датчика углекислого газа»	40
4.2 Расчет затрат на внедрение программы для микроконтроллера.....	44
4.3 Расчет эксплуатационных текущих затрат по программе для микроконтроллера.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А – ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – ПРОГРАММНЫЙ КОД.....	66

## ВВЕДЕНИЕ

Большое количество промышленной деятельности человека негативно сказывается на окружающую нас среду. С каждым годом концентрация углекислого газа ( $CO_2$ ) в атмосфере увеличивается, это косвенно приводит к проблеме глобального потепления, а также к ухудшению здоровья людей.

При концентрации углекислого газа выше 0.1% в помещении, человек испытывает общий дискомфорт, слабость, головную боль, снижении концентрации внимания, также увеличивается частота и глубина дыхания, происходит сужение бронхов, а при концентрации выше 15% - спазм голосовой щели. При длительном нахождении, в помещениях с высокой концентрации углекислого газа. Происходят изменения в кровеносной, центральной нервной, дыхательной системе, при умственной деятельности нарушается, восприятие, оперативная память, распределение внимания.

Бытует неправильное убеждение, что это проявления нехватки кислорода. На самом деле, это симптомы повышенного уровня углекислого газа в окружающем пространстве. В то же время углекислый газ, необходим организму. Частичное давление углекислого газа влияет на кору головного мозга, дыхательный и сосудодвигательный центры, углекислый газ также отвечает за тонус сосудов, бронхов, обмен веществ, секрецию гормонов, электролитный состав крови и тканей. А значит, опосредованно влияет на активность ферментов и скорость почти всех биохимических реакций организма.

Снижение содержания кислорода до 15% или увеличение до 80% не значительно воздействует на организм. В то время как на изменение концентрации углекислого газа на 0,1% оказывает значительное отрицательное влияние. Отсюда можно сделать вывод о том, что углекислый примерно в 60-80 раз важнее кислорода.

Современный человек большое количество времени проводит в помещении, а из-за новой коронавирусной инфекции люди стали работать и учиться дистанционно, теперь люди проводят на улице всего около 10% своего времени.

Так мы сталкиваемся с проблемой повышенной концентрации углекислого газа в помещении, человек не может следить за уровнем  $CO_2$  и из-за этого он подвергается негативным физиологическим изменениям организма, снижается его производительность и ухудшается здоровье.

Цель выпускной квалификационной работы является разработка проекта устройства по контролю и измерению показателей окружающей среды.

Объектом исследования является концентрация углекислого газа в атмосфере.

Предметом исследования является электронный датчик углекислого газа ( $CO_2$ ).

На основании поставленной цели, сформируем следующие задачи:

- провести анализ и разработаны технические требования к проектируемой системе;
- разработать аппаратную часть измерительного устройства;
- разработать программную часть измерительного устройства;
- выполнить технико-экономическое обоснование проекта.

## **1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **1.1 Принципы контроля окружающей среды и анализ показателей по их контролю**

Контроль окружающей среды (КОС) это наблюдение за состоянием окружающей природной среды и уровнем загрязнения.

В контроле окружающей среды можно выявить следующие цели:

- оценка состояния среды обитания человека, биологических веществ;
- выявлять причины отклонения показателей;
- оценка последствий изменения показателей;
- определять управляющие решения для ликвидации причин отклонения показателей.

Принципами контроля окружающей среды являются:

- законность;
- объективность;
- систематичность.

### **1.2 Принцип измерений показателей окружающей среды.**

Для правильной информации о состоянии и уровня загрязнения окружающей среды нужно выбирать правильные методы анализа данных. Что бы получить много разнообразной и правильной информации не достаточно использования одного метода анализа и поэтому почти всегда используют сразу несколько разных вариантов анализа. Это позволит увидеть объект исследования в разных измерениях.

Состояние компонентов окружающей среды осуществляется с помощью количественных и качественных методов анализа. С помощью количественного анализа определяют содержание конкретного элемента в объекте исследования.

Основным методом количественного определения состояния окружающей среды является физико-химический метод. Для определения состояния окружающей среды берут пробы, подвергающиеся физико-механическим воздействиям с целью определения содержания того или иного химического элемента или группы. При этом наблюдения за составом проб проводят методами хроматографии, атомно-абсорбционной и масс-спектрометрии. Перед использованием образцов воду выпаривают, грунт или почву обжигают в золу, а растительность превращают в пепел. Затем продукты подвергаются химическому анализу.

### **1.3 Способы измерения углекислого газа в окружающей среде**

Рассмотрим способы измерения углекислого газа в окружающей среде и помещениях. Для начала разберемся, из чего состоит атмосферный воздух, а именно его химический состав:

- азот 78,08%
- кислород 20,95%
- углекислый газ 0,03-0,04%
- инертные газы (аргон, неон, гелий, криптон, ксенон) 0,93%

Влаги примерно 40-60% в зависимости от промышленного развития региона и типа поверхности.

Диоксид углерода так же известный, как углекислый газ – абсолютно не является токсичным в малых количествах, так же совсем не имеет запаха и цвета. Составляет определённую часть воздуха и является наиболее важным. Углекислый газ, выделяемый животными, людьми и растительной частью окружающего мира, постоянно принимает участие в процессах фотосинтеза или метаболизма. Имеет такую же важность, как и кислород, благодаря их грамотному балансу происходит поддержание важного процесса - дыхания.

Попытаемся разобраться более подробно в роли углекислого газа в нашей жизни. Он активно принимает участие в наших метаболических процессах, помогает нормализовать работу дыхательных путей, расширяет сосуды. Немаловажной функцией является помощь в том, чтоб взбодрить нервную систему. Придаёт ей возбудимость и активирует большое количество элементов, в том числе и гормонов. Повышает тонус, поддерживает обмен веществ и отвечает за электролитный состав крови. Из всего этого можно сделать вывод, что  $CO_2$  влияет на все биохимические реакции организма.

Углекислый газ является возбудителем дыхательной системы. Несмотря на распространённое мнение, человек делает еще один вдох из-за избытка углекислого газа, а не из-за недостатка кислорода.

$CO_2$  является продуктом метаболизма и переносится кровью из клеток тканей в легкие. Когда человек делает вдох, легкие наполняются кислородом, и в них происходит двусторонний обмен: кислород переходит в кровь, а из нее выделяется углекислый газ.

Гемоглобин участвует в обмене, так как является основным переносчиком кислорода к клеткам. Именно в нем происходит процесс замещения кислорода углекислым газом: гемоглобин доставляет кислород от легких к клеткам, а затем углекислый газ к легким. И этот обмен должен быть сбалансирован.

Дисбаланс вызывает эффект «Вериги-Бора», согласно которому избыток кислорода и недостаток углекислого газа приводят к кислородному голоданию. Этот парадокс вызван тем, что без присутствия  $CO_2$  кислород не может выйти из связанного с гемоглобином состояния и перейти в ткани и органы.

Следовательно, углекислый газ необходим для отделения кислорода от гемоглобина, иначе кровь циркулирует по телу, но не отдает кислород, что приводит к кислородному голоданию.

$CO_2$  помогает кислороду проникать в ткани и органы. Баланс углекислого газа и кислорода важен для нормального функционирования организма. Недостаток и избыток углекислого газа в организме приводит к гипокапнии и гиперкапнии. Норма содержания углекислого газа в крови — 6—6,5%.

Гипокапния – снижение  $CO_2$  в крови человека, из за этого часто начинается головокружение и в худшем случае приводит к потере сознания. Наблюдается в состоянии стресса, паники и частом, глубоком дыхании. Это заболевание так же развивается с возрастом, когда содержание углекислого газа падает ниже 3,5% от нормальных показателей 6-6,5%.

Гиперкапния – переизбыток  $CO_2$  в крови человека, проявляется в виде головной боли, повышенном потоотделением и тошноты, в редких случаях – потерей сознания. Возникает при длительном нахождении в закрытом помещении с повышенным содержанием  $CO_2$ , но чаще всего в экстренных ситуациях, например, при задержке дыхания под водой.

Углекислый газ играет важную роль в атмосфере Земли, участвует в процессе фотосинтеза, влияет на теплообмен. Он также создает «парниковый эффект» и влияет на климат.

Основные источники углекислого газа имеют природное происхождение. Он вырабатывается людьми, растениями и животными, содержится в вулканических газах, выделяющихся при разложении органических веществ.

К техногенным источникам относятся выбросы промышленных предприятий, транспорта, производства электроэнергии и сжигания ископаемого топлива.

Концентрация углекислого газа в воздухе незначительна и составляет 0,02-0,045 % или 250-450 промилле, но с каждым годом уровень  $CO_2$  увеличивается и в крупных городах может достигать 0,06 % или 600 промилле.

Первым свидетельством роста концентрации углекислого газа в атмосфере стала работа Чарльза Дэвида Килинга, американского климатолога. С 1958 года он проводил частые измерения содержания  $CO_2$  в атмосфере на Южном полюсе и на Гавайях.

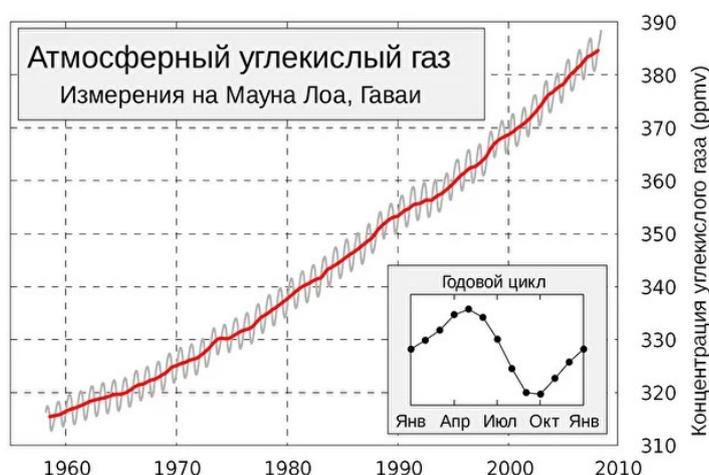


Рисунок 1- График Килинга: концентрации атмосферного  $CO_2$ , на основе наблюдений в обсерватории Мауна-Лоа (Mauna Loa Observatory), Гавайи.

Содержание углекислого газа в атмосфере продолжает неуклонно расти. Так, в 2009 г. средняя концентрация  $CO_2$  составляла 387 ppm, а в 2016 г. превысила 400 ppm. В 2017 г. зафиксирован уровень  $CO_2$  403,3 промилле, в 2018 г. – 410,26 промилле, в 2019 г. – уже 415,28. А в мае 2020 года концентрация углекислого газа в атмосфере установила новый рекорд — 417,1 промилле.

#### Углекислый газ в помещении.

Из внешней среды углекислый газ вместе с воздухом попадает в помещение, где его уровень начинает повышаться. В помещении  $CO_2$  производят люди, животные и растения, находящиеся в нем, и чем больше людей в помещении и чем активнее они будут, тем быстрее будет повышаться уровень  $CO_2$ .

Основные нормы содержания углекислого газа в помещении установлены ГОСТ 30494-2011, согласно которому оптимальное содержание  $CO_2$  в помещении составляет 800 ppm. Это считается высоким качеством воздуха. Допустимая концентрация углекислого газа находится в пределах 1000-1400 ppm. Концентрация выше этих показателей приводит к тому, что воздух в помещении некачественный и может неблагоприятно воздействовать на организм человека.

Нормальный уровень  $CO_2$  в помещении – до 800 ppm.

При закрытых окнах и без вентиляции содержание  $CO_2$  будет постоянно увеличиваться. Люди проводят более 75% своего времени в помещении, и часто начинают испытывать одышку во время нахождения, что является первым признаком высокого уровня  $CO_2$ .

В таких ситуациях неправильно говорят о недостатке кислорода, но на самом деле содержание кислорода не меняется, а увеличивается содержание  $CO_2$ . Помимо ощущения запора, люди отмечают и другие симптомы: головную боль, отсутствие концентрации внимания, сонливость, вялость и т. д.

Единственный способ снизить уровень  $CO_2$ — это подавать свежий воздух снаружи, который вытесняет переработанный и насыщенный углекислым газом воздух в систему вентиляции. Для этого нужно регулярно проветривать помещение или установить систему вентиляции.

Из всего этого можно сделать вывод, что уровень углекислого газа в окружающей среде и помещении очень важен и за ним следует следить, дабы не допустить сильной концентрации  $CO_2$ , что пагубно влияет на человека и его здоровье. Что бы следить за уровнем  $CO_2$  необходимо специальное устройство, позволяющее измерять уровень углекислого газа и в случае сильного переполнения воздуха, нужно будет выполнить вентиляцию, проветривание помещения.

#### 1.4 Существующие приборы для измерения углекислого газа в помещении.



Рисунок 2 - Датчик углекислого газа бренда AZ

Данный прибор имеет следующие особенности:

- Наличие датчиков температуры и влажности с отображением на экране;
- Наличие встроенного календаря и часов;
- Индикация качества воздуха;
- Наличие светодиодного индикатора, звукового сигнала о превышении установленного показания двуокиси углерода;
- Предусмотрена автоматическая калибровка;
- Широкий диапазон измерений;
- Возможность выбора размерности указания температуры (градусы, фаренгейты);

- Возможна синхронизация с ПК с последующим составлением анализа;

- Возможность программирования указания качества воздуха в зависимости от содержания CO<sub>2</sub>;

Характеристики газоанализатора следующие:

- Диапазон измерения углекислоты: 0 -2000 ppm, 2001 – 9999 вне шкалы (с разрешением 1 ppm.);

- Диапазон измеряемой температуры воздуха: -10 — +60 °C (с разрешением 0,1 °C);

- Диапазон измерения влажности воздуха: 0,1 – 99,9 % (с разрешением 0,1 %);

- Точность измеряемого показателя CO<sub>2</sub>: ±50 ppm;

- Интервал между измерениями от 1 секунды до 5 часов;

- 4” LCE экран с подсветкой;

- Адаптер питания 5 V / 0,5 A;

- Предупреждение при достижении предельной (программируемой) концентрации.



Рисунок 3 – Датчик МН-Z19

На AliExpress возможно приобрести сенсор без вывода данных. Любителям программировать устройства на Arduino подойдет для опытов.

Характеристики модуля:

- Способен измерять концентрацию CO<sub>2</sub>: 1 – 5000 ppm;
- Точность:  $\pm 50$ ppm;
- Размеры: 30\*20\*9 мм;
- Вес: 21 г;
- Срок службы: 5 лет;
- Рабочее напряжение 3,6 – 5,5 V, сила тока 18 мА.

# MQ-135



Рисунок 4 - Датчик газа MQ135

Характеристики модуля:

- Напряжение питания нагревателя: 5 В;
- Напряжение питания датчика: 3,3–5 В;
- Потребляемый ток: 150 мА;
- Габариты: 25,4×25,4 мм.

Для устройства был выбран 3 вариант датчика, поскольку он более дешевый и простой в использовании. Так он отлично взаимодействует с микроконтроллером Arduino.

Покупка газоанализаторов для контроля содержания углекислого газа в доме – путь к здоровой жизни. Знания о воздействии углекислого газа на человека, скорее всего, приведут к тому, что контроль концентрации станет обязательным. Датчики и анализаторы будут установлены во всех школах, институтах и детских садах.

На работе, в людных помещениях, будет считаться нормальным установка датчика углекислого газа.

## 1.5 Формирование требований к проектируемому устройству

Датчик  $CO_2$  представляет собой прибор, предназначенный для мониторинга окружающего воздуха и определения концентрации, содержащейся в нем диоксида углерода.

Данное микропроцессорное устройство предназначено в основном для использования в офисах, квартирах и других закрытых помещениях.

Принцип работы данного сенсорного устройства основан на изменении интенсивности инфракрасного излучения до и после поглощения углекислого газа в диапазоне 1-15 мкм. При помощи  $CO_2$  -метра измеряется количество света, прошедшего через светофильтр и поглощенного углекислотой.

После сравнения с показателями потока светового излучения, прошедшего мимо оптического устройства, прибор определяет разницу и выдает показатель концентрации углекислого газа.

Требования безопасности:

- разбор и ремонт устройства при выключенном питании;
- держать в защищенном от воды месте при подключенном питании;
- хранить устройство в недоступном для детей месте.

Требование хранения устройства:

1. устройство следует хранить в чистом, сухом помещении с температурой от 0 до 40 °С на расстоянии не ближе одного метра от отопительных приборов;
2. в месте хранения устройства не допускается нахождения веществ, вызывающих разрушения лакокрасочных покрытий;
3. после хранения устройства в холодном помещении или транспортировки в зимних условиях перед включением ее необходимо выдерживать в комнатной температуре в течение часа;

4. для продления службы рекомендуется хранить устройство без элементов питания;

5. категорически запрещается при длительном хранении и транспортировке нахождения элементов питания в устройстве;

6. повреждения, вызванные неисправностью элементов питания, устраняются за счет потребителя.

Требования эксплуатации:

Устройство будет прекрасно работать от + 5 до + 35 °С при относительной влажности 90 % и атмосферном давлении 462 миллиметров ртутного столба

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Обоснование и выбор инструментального обеспечения проекта

Для проектирования прибора нам потребуется несколько программ, рассмотрим их.

EasyEDA - это кроссплатформенная веб-среда автоматизации для проектирования электроники, которая включает редактор схем, редактор компоновки печатных плат, симулятор SPICE, облачное хранилище данных, систему управления проектами и инструменты для заказа изготовления печатных плат.

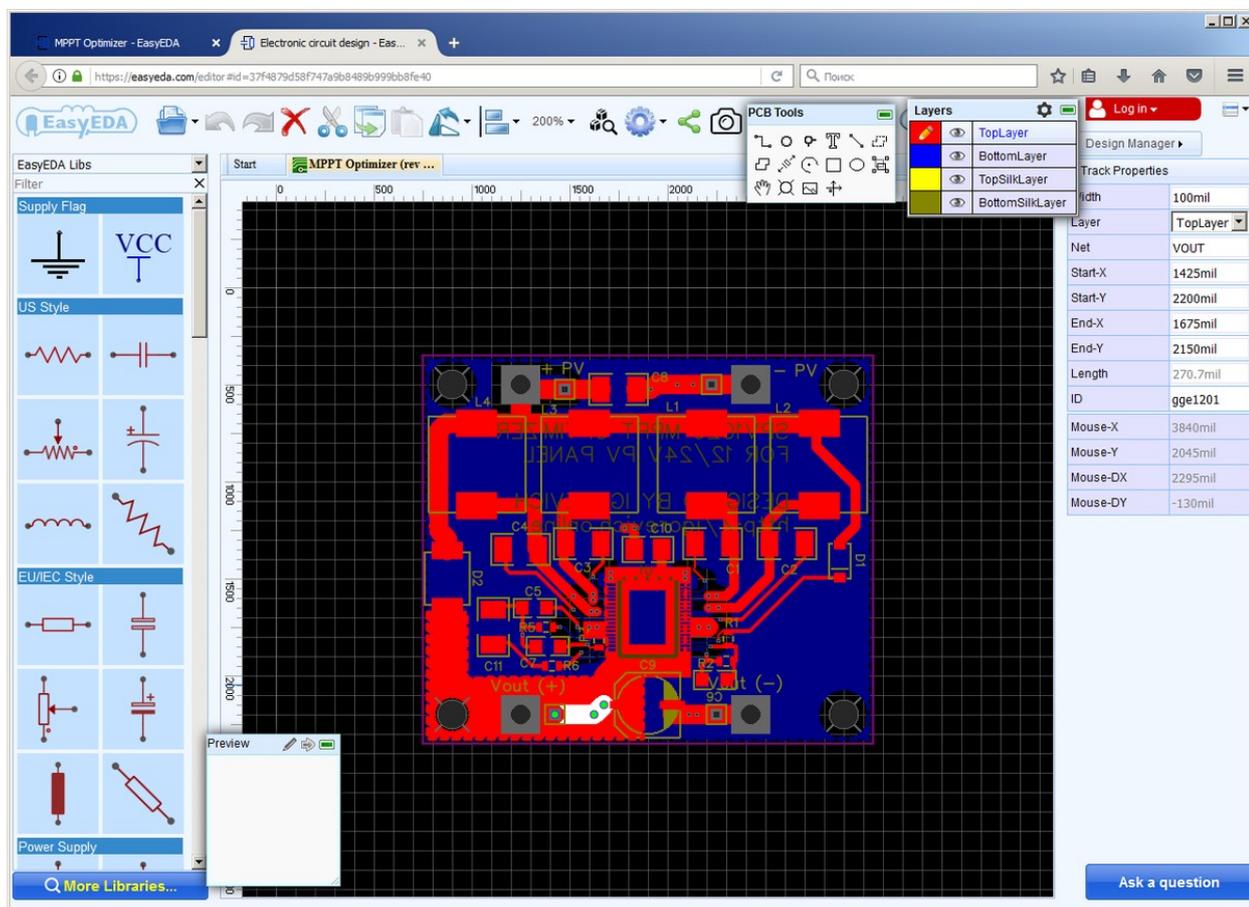


Рисунок 5 – среда проектирования EasyEDA

Fritzing – это замечательная бесплатная программа проектирования и макетирования схем. Программное обеспечение Fritzing было разработано для разработки электронных устройств от прототипа в виде макета, до конечного продукта в виде печатной платы.

Устройства создаются из готовых элементов, список которых можно посмотреть в правом верхнем углу программы, включая плату Arduino, различные аналоговые и цифровые микросхемы, транзисторы, светодиоды, резисторы, конденсаторы, кнопки, макеты, аккумуляторы, и даже моторы.

Чтобы разместить их на диаграмме, вам просто нужно выбрать их из списка и перетащить в рабочую область с помощью левой кнопки мыши. Вы можете нарисовать схему как в макетном, так и в схематическом режиме.

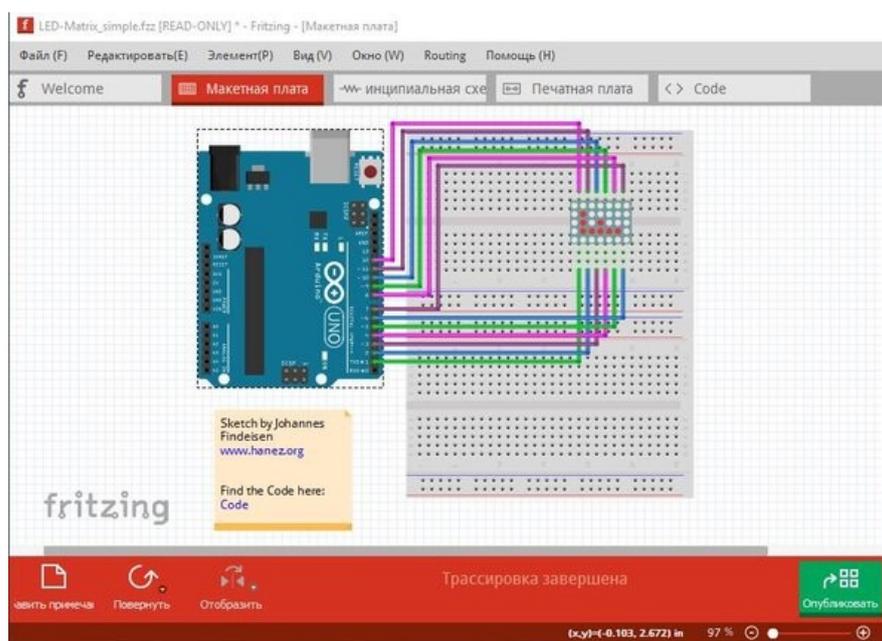
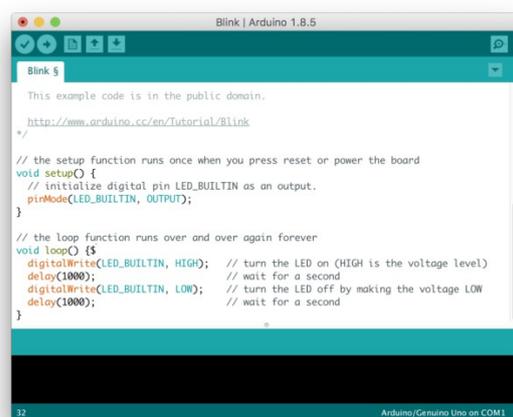


Рисунок 6 – среда проектирования Fritzing

В качестве программы для проектирования будет использоваться EasyEDA, так как у нее более удобный интерфейс и больший функционал.

Для программирования МК “Устройство по контролю и измерению показателей окружающей среды”, несколько программ, рассмотрим их и выберем подходящую. Arduino IDE — это программная среда разработки, использующая C++ и предназначенная для программирования всех плат ряда Ардуино (Arduino). Аббревиатура IDE расшифровывается как Integrated Development Environment, в переводе – интегрированная среда разработки.

С помощью 21 этой среды программисты пишут программы, причем делают это гораздо быстрее и удобнее, чем при использовании обычных текстовых редакторов, хотя их тоже можно использовать для написания кода программ. Arduino IDE позволяет составлять программы удобном текстовом редакторе, компилировать их в машинный код, и загружать на все версии платы Arduino. Приложение является полностью бесплатным, а скачать его можно на официальном сайте сообщества Arduino

The image shows a screenshot of the Arduino IDE software. The window title is "Blink | Arduino 1.8.5". The main text area contains the following code:

```
Blink 5  
This example code is in the public domain.  
http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink  
*/  
// the setup function runs once when you press reset or power the board  
void setup() {  
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.  
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);  
}  
  
// the loop function runs over and over again forever  
void loop() {  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)  
  delay(1000); // wait for a second  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW  
  delay(1000); // wait for a second  
}
```

At the bottom of the window, it says "Arduino/Genuino Uno on COM1".

Рисунок 7 - Среда разработки Arduino IDE.

Programino – это низкобюджетная IDE для Arduino, Genuino или подобных плат с авто заполнением кода, подсветкой пользовательского синтаксиса, аналоговым плоттером, аппаратным просмотром, извлечением HEX-файла и редактором HTML5.

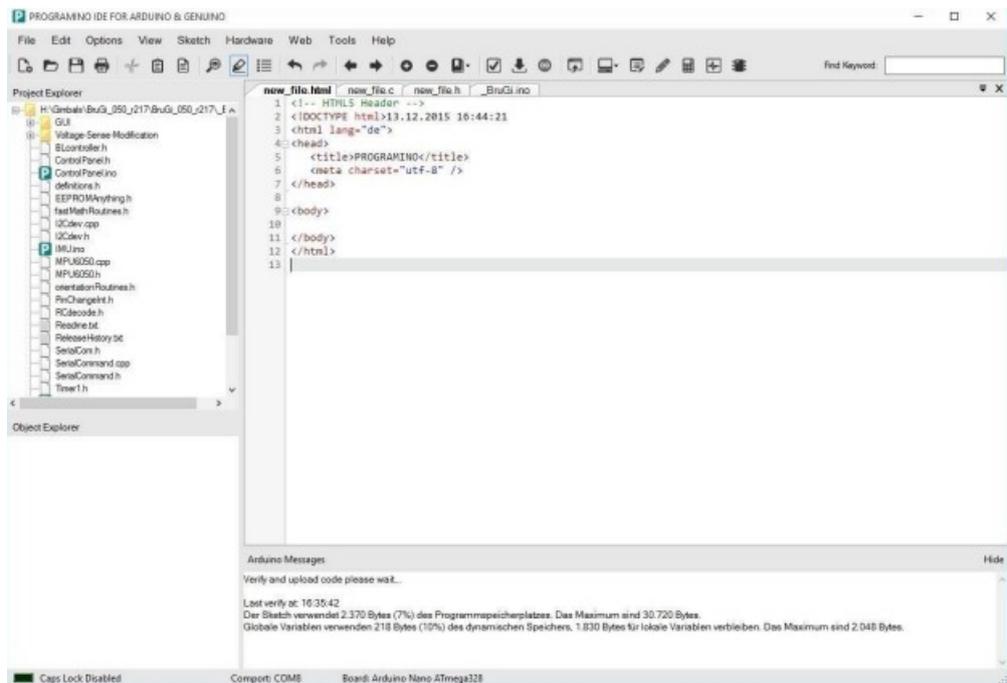


Рисунок 8 – среда разработки Programino

В качестве среды для программирования будет использоваться Arduino IDE, так как для нашего проекта это программа имеет нужный нам функционал и доступность.

## 2.2 Разработка функциональной схемы проекта

Функциональная схема – это схема, которая должна разъяснить все процессы устройства в определенных цепях или во всем изделии. На схеме должны быть изображены функциональные части устройства и связи между ними.

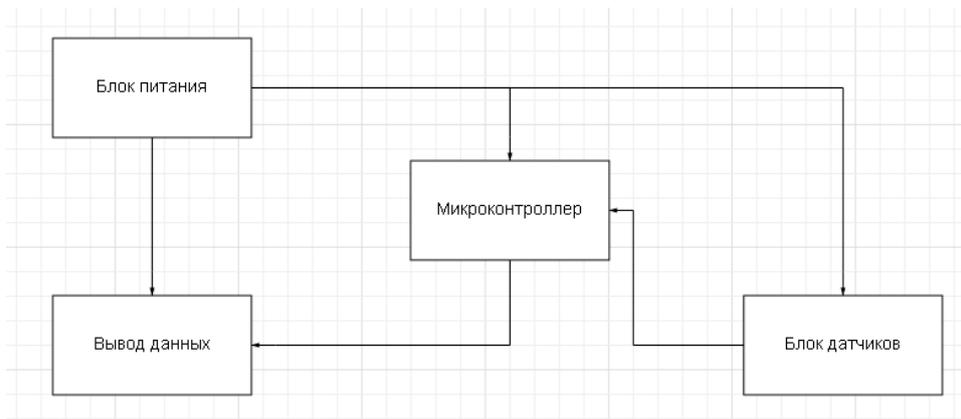


Рисунок 9 – функциональная схема устройства по контролю и измерению показателей окружающей среды

### 2.3 Разработка алгоритма работы устройства

Для обеспечения работы проектируемого устройства с заданными техническими требованиями необходимо разработать управляющую программу. Блок-схема управляющей программы контроллера робота представлена на рисунке 10.



Рисунок 10 – Блок-схема алгоритма программы

## 2.4 Выбор комплектующих для разрабатываемого устройства

Модуль OLED дисплея (0.96' OLED Display Module)

OLED (Organic Light-Emitting Diodes, органический светоизлучающий диод) – это светоизлучающая технология, которая применяется в большинстве современных телевизоров. В OLED дисплеях используется тот же принцип формирования изображения, что и в современных телевизорах, только количество пикселей в них значительно меньше.

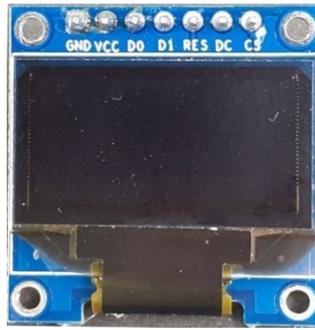


Рисунок 11 – Модуль OLED дисплея

Для нашего проекта мы использовали монохромный 7-ми контактный OLED дисплей SSD1306 с диагональю 0.96". Он может использовать 3 различных коммуникационных протоколов: 3-х проводный SPI, 4-х проводный SPI и I2C.

Технические характеристики OLED дисплея SSD1306:

- драйвер микросхемы OLED: SSD1306;
- разрешение: 128 x 64;
- угол зрения: >160°;
- входное напряжение: 3.3V ~ 6V;
- цвет пикселей: синий;
- диапазон рабочих температур: -30°C ~ 70°C.

Arduino Nano



Рисунок 12 – плата Arduino Nano

Платформа Nano, построенная на микроконтроллере ATmega328 (Arduino Nano 3.0) или ATmega168 (Arduino Nano 2.x), имеет небольшие размеры и может использоваться в лабораторных работах. Она имеет схожую с Arduino Duemilanove функциональность, однако отличается сборкой. Отличие заключается в отсутствии силового разъема постоянного тока и работе через кабель Mini-B USB. Nano разработана и продается компанией Gravitech.

Краткие характеристики:

Таблица 1 - характеристики Arduino Nano

Рабочее напряжение (логическая уровень)	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	8
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Флеш-память	16 Кб (ATmega168) или 32 Кб (ATmega328) при этом 2 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	1 Кб (ATmega168) или 2 Кб (ATmega328)
EEPROM	512 байт (ATmega168) или 1 Кб (ATmega328)
Размеры	1.85 см x 4.2 см

Датчик углекислого газа MQ-135

## **MQ-135**



Рисунок 13 – датчик углекислого газа MQ-135

### Характеристики

- Напряжение питания нагревателя: 5 В;
- Напряжение питания датчика: 3,3–5 В;
- Потребляемый ток: 150 мА;
- Габариты: 25,4×25,4 мм.

### Датчик температуры и влажности DHT22



Рисунок 14 – датчик DHT22

### Технические параметры

- Модель: DHT22

- Напряжение питания: 3.3 В ... 5 В
- Выходной сигнал: цифровой
- Чувствительный элемент: полимерный конденсатор
- Диапазон измерения влажности: 0 ... 100%, погрешность  $\pm 2\%$
- Диапазон измерения температуры:  $-40^{\circ}\text{C}$  ...  $+80^{\circ}\text{C}$ , погрешность  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Задержка: 2с
- Габариты: 15.1 мм x 25.1 мм x 7.7 мм

## 2.5 Разработка программы и устройства

На основании выбранных элементов устройства, в этом разделе будет выполнена разработка принципиальной схемы.

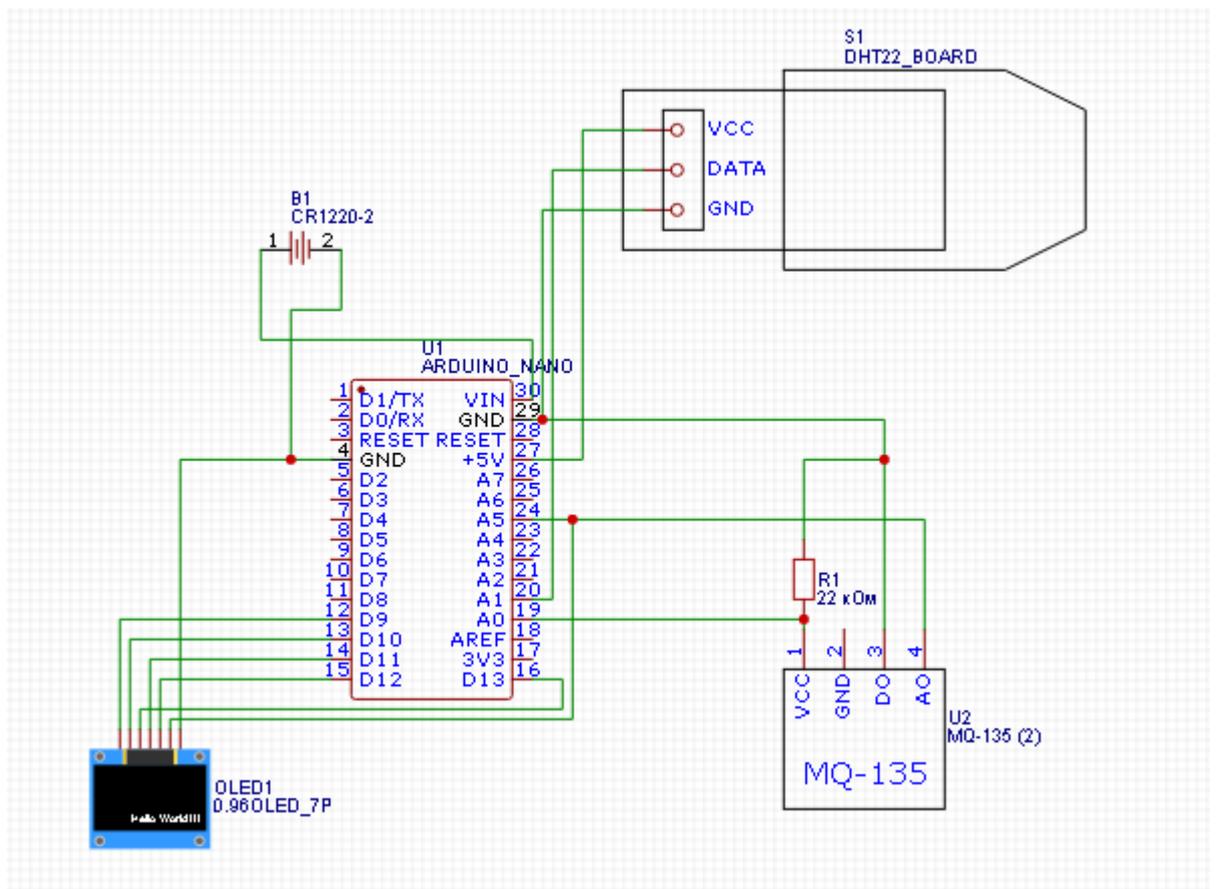


Рисунок 15 – принципиальная схема устройства по контролю и измерению показателей окружающей среды

Для начала укажем в программе ширину и высоту нашего дисплея, у нас он 128x64 с поддержкой интерфейса SPI.

```
#define SCREEN_WIDTH 128  
#define SCREEN_HEIGHT 64
```

Далее указываем контакты платы Arduino, к которым подключен дисплей по интерфейсу SPI.

```
#define OLED_MOSI 9  
#define OLED_CLK 10  
#define OLED_DC 11  
#define OLED_CS 12  
#define OLED_RESET 13
```

Создаем объект дисплея с нужными характеристиками.

```
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, OLED_MOSI,  
OLED_CLK, OLED_DC, OLED_RESET, OLED_CS);
```

Даем название контакту, к которому подключен датчик MQ-135.

```
int sensorIn = A0;
```

Далее в функции setup() инициализируем связь скорость которой составит 9600 БОД для отладки. А так же инициализируем дисплей функцией begin().

```
Serial.begin(9600);  
display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC);  
display.clearDisplay();
```

Внутри функции loop() будем считывать значения с выхода датчика MQ-135 на выходе АЦП контакта A0 с помощью функции analogRead().

```
val = analogRead(A0);
```

```
Serial.print ("raw = ");
```

Вызываем функцию `gasSensor.getPPM()` для расчета значения углекислого газа в единицах измерения PPM (частей на миллион), это значение рассчитывается на основе сопротивления нагрузочного резистора, значения  $R_0$  и считанного с контакта A0 значения.

```
float ppm = gasSensor.getPPM();
```

```
Serial.print ("ppm: ");
```

```
Serial.println (ppm);
```

Затем установим размер текста и его цвет на OLED дисплее с помощью функций `setTextSize()` и `setTextColor()`.

```
display.setTextSize(1);
```

```
display.setTextColor(WHITE);
```

Устанавливаем позицию курсора с помощью `setCursor(x,y)` и выводим значения концентрации углекислого газа на экран дисплея с помощью `display.println()`.

```
display.setCursor(18,43);
```

```
display.println("CO2");
```

```
display.setCursor(63,43);
```

```
display.println("(PPM)");
```

```
display.setTextSize(2);
```

```
display.setCursor(28,5);
```

```
display.println(ppm);
```

Вызываем функцию `display()` для отображения необходимого текста на экране дисплея.

```
display.display();
```

```
display.clearDisplay();
```

Написание кода программы завершено, полный код можно увидеть в приложении Б.

### 3 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

#### 3.1 Мероприятия по снижению воздействия выявленных вредных и опасных факторов по отношению с инженером

Перед главным выявлением неблагоприятных факторов на производстве стоит рассмотреть понятия вредного и опасного фактора на самом производстве.

Вредным фактором считается тот, что способен вызвать ухудшения здоровья человека. При длительном воздействии на организм, человеку может грозить заболевание разных уровней тяжести, начиная лёгким заболеванием или травмой заканчивая инвалидностью и смертью.

Опасный же фактор отличается тем, что ему не требуется долгого воздействия для причинения урона здоровью.

Эти два понятия стоит объединить в негативные производственные факторы.

Они все разделяются на 4 группы:

1. Физические – факторы, воздействие которых оказывается напрямую, физически. В эту группу можно отнести такие последствия как ушибы, переломы, ожоги и т.д. Такие травмы могут привести к инвалидности организма;

2. Химические – данный фактор воздействует через различные химические вещества, попадая на тело человека(такие как химические ожоги) или прямиком внутрь через дыхательные пути, ротовую полость или в кровь через раны. Такое воздействие приводит к тяжёлым заболеваниям

По способу воздействия химические факторы делятся на некоторые подпункты

- аллергенные;
- раздражающие;

– канцерогенные факторы – вызывают развитие опухолей, в том числе злокачественных;

– токсические;

– мутагенные – могут вызвать мутации и патологии у будущих детей работников;

3. Психологические факторы – негативный фактор, влияющий непосредственно на психическое и ментальное здоровье человека. Его можно встретить на всех видах производств и предприятий. Чаще всего происходит из-за утомления, переработки, сильной напряжённости, пере нагрузки. Эти факторы влияют на эффективность человека в работе и на психологическое здоровье;

4. Биологические;

На месте инженера-электронщика могут встречаться следующие вредные и опасные факторы:

- повышенное напряжение электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека и может привести к электротравме.

- повышенная температура оборудования, инструмента, материалов может привести к ожогам,

- недостаток освещенности рабочего места – может привести к заболеванию органов зрения, или ухудшения зрения человека.

- острые кромки, заусенцы, шероховатость инструмента и внутренних частей оргтехники могут привести к травме;

- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная влажность и скорость воздуха, могут привести к простудным заболеваниям;

- физические перегрузки -могут привести к заболеваниям опорно-двигательной системы, варикозному расширению вен;

- нервно-психические перегрузки - могут привести к заболеваниям нервной системы;

- пыль и остатки тонера могут привести к заболеванию верхних дыхательных путей, легких, вызвать аллергическую реакцию, ухудшению зрения.

Для защиты от рассмотренных выше неблагоприятных факторов используется два метода защиты: индивидуальный и коллективный.

Средства защиты – это некоторое средство, позволяющее снизить или полностью убрать воздействие негативного фактора на организм человека.

Коллективное средство защиты – это средство защиты, позволяющее снизить или убрать воздействие негативного фактора для группы работников. Чаще такое средство защиты используется для предотвращения появления негативного фактора.

Среди коллективных средств защиты можно выделить такие подвиды защиты как: оградительные, предупредительные, дистанционные и другие.

Оградительные средства коллективной защиты предполагают защиту людей вблизи с обрывами высокой поверхности или опасной территории, путём ограждения безопасной и опасной зоны.

Предупредительные средства защиты предполагают предупреждение работников о опасности в некоторой зоне. На некоторых производствах используются знаки, показывающие места для безопасного передвижения работников от территории, места для передвижения техники, места где сейчас проводятся опасные работы и тому подобные.

Дистанционные средства коллективной защиты являются наиболее современными и предполагают выполнение некоторой опасной работы с

помощью робота с дистанционным управлением, что является и наиболее удобным для работника.

В работе инженера электронщика используется вытяжка в качестве средства коллективной защиты. Вытяжка необходимо при проведении работ по пайке радиоэлектронных элементов платы, так как при этом выделяются опасные пары расплавленного олова.

Индивидуальные средства защиты – это средства защиты, используемые для защиты одного человека, а не группы людей. Наиболее часто индивидуальные средства защиты используются для защиты от химических или биологических негативных факторов.

Из индивидуальных средств защиты можно выделить: медицинские перчатки, маску, респиратор, противогаз, прорезиненные перчатки, каска, светоотражающие элементы.

Для работы с электричеством используются прорезиненные перчатки и обувь, которые спасут работника от замыкания электричества.

Различные маски, противогазы и перчатки используются для защиты от химических и биологических негативных факторов. При работе инженера электронщика медицинская маска и перчатки могут использоваться при замене тонера.

### **3.2 Обеспечение безопасности труда на рабочем месте "Инженера - электроника"**

Для обеспечения безопасности труда инженера-электронщика, необходимо выполнить снижение вредных и опасных факторов на производстве, которые были описаны выше, а также соблюдать требования безопасности труда, в которые входят требования для начала выполнения работ, требования во время выполнения работы и требования безопасности по завершению выполнения работ. Кроме этого, необходимо соблюдать режим работы, для минимизации напряжённости и усталости работника.

Перед началом поступления на рабочее место, работник должен пройти вводный и первичный инструктаж, в которых ему будут оговорены правила безопасности на рабочем месте, а также правила предприятия, на которое он устраивается работать.

В случае, если на предприятии случился какой-то либо несчастный случай, с оборудованием или персоналом, работник обязан сообщить об этом руководителю подразделения, а также не приступать к работе, если это будет угрожать безопасности.

Перед началом работы, инженер электронщик обязан проверить оборудование и инструменты на их исправность, неисправные инструменты могут привести как к поломке техники, так и к угрозе безопасности работника. Если проводятся работы с тономером или электричеством, необходимо надеть СИЗ (средства индивидуальной защиты) для защиты органов дыхания и зрения, в случае если работа проводится с тономером, или прорезиненные перчатки и обувь, если работы проводятся с электричеством .

Во время проведения работы необходимо использовать только исправные инструменты, и только по их назначению. При проведении работ с устройствами под питанием необходимо быть максимально внимательным, и не трогать элементы устройства без надобности.

Если нет причин, по которым устройство должно питаться во время выполнения работ, необходимо обесточить устройство. При ремонте оргтехники корпус устройства необходимо дополнительно заземлить, для исключения пробития высокого напряжения на корпус.

По окончании работы, инженер электронщик должен привести рабочее место в порядок: очистить от мусора, убрать инструменты и материалы по предназначенным для них местам. Привести в порядок свою спец. одежду.

В случае если во время работы тонер попал в глаза или дыхательные пути, необходимо прекратить выполнение работы, промыть глаза и дыхательные пути водой, а также сообщить в мед. пункт.

Если во время выполнения работ, работник почувствовал запах гари, посторонние шумы, чувство тока или увидел дым из техники с которой ведутся работы, необходимо срочно прекратить выполнение работы и обесточить технику.

Суммарное время работы инженера электронщика в неделю не должно превышать 40 часов. Во время смены работнику разрешено потратить 45 минут на личные потребности, это время учитывается как время работы. 1 час в смены выделяется на обед, и в отличии от времени на личные потребности, это время не учитывается как время работы .

### **3.3 Экологические требования к утилизации вычислительной и оргтехники, а также их расходных материалов**

Утилизация вычислительной техники – это процесс переработки старой, а в некоторых случаях и не рабочей, вычислительной техники, с целью получения чистых материалов, для разработки новой техники. Кроме того, утилизация проводится не только для получения материалов для новой техники, но и с целью обеззараживания старой, от содержащихся в ней токсинах, которые в процессе разложения плохо влияют на экологию.

Так, утилизация вычислительной техники, в том числе и микроконтроллеров, необходима по следующим причинам:

– в вычислительной технике используется большое количество драгоценных металлов, таких, например, как золото и платина. Для экономии ресурсов, при утилизации вычислительной техники, они изымаются и используются повторно, в новой вычислительной технике. В микроконтроллерах также имеется некоторое количество золота.

– в составе вычислительной технике содержатся также и опасные для экологии элементы, которые, при разложении способны навредить окружающей природе. В это число входят и микроконтроллеры.

Выполнение утилизации вычислительной техники осуществляется только специальными организациями, имеющими лицензию на проведение данной работы. Проведение самостоятельной утилизации запрещено по причине того, что при утилизации выделяется большое количество токсинов, которые и представляют собой опасность в неутилизированной технике, для правильной работы с этими токсинами, работы выполняются только специальными организациями.

Обязательными к утилизации считаются:

- компьютеры, мониторы, сканеры, ксероксы, принтеры и картриджи для них;
- медицинская техника;
- различные виды аккумуляторов;
- бытовые приборы;
- люминесцентные лампы.

При утилизации микроконтроллеров, выполняется только химическая утилизация, в процессе которой, микроконтроллер помещается в некоторое количество специальных химических растворов последовательно. Данный процесс позволяет химическим путём выделить из микроконтроллера составляющую драгоценных металлов и токсинов, которые представляли опасность для экологии.

При утилизации вычислительной техники, в которой находятся ранее используемые микроконтроллеры, перед химической обработкой, стоит этап физической переработки. Этот этап подразумевает собой разделение техники

на некоторые её составляющие части. Чаще это делается в специальных дробящих машинах.

Далее, с полученными микроконтроллерами проводится уже изученный этап химической обработки.

Переработанные материалы могут быть использованы далее в создании новых микроконтроллерах или иных элементов вычислительной техники, или направлены в Государственный фонд, в качестве налогообложения.

### **3.4 Вывод по разделу**

В разделе охраны труда и промышленная экология были рассмотрены мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов по отношению с инженером электронщиком, обеспечение охраны труда инженера электронщика и способы утилизации микроконтроллеров.

В подразделе «мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных факторов по отношению с инженером электронщиком» были описаны понятия вредных и опасных факторов, рассмотрены существующие виды вредных и опасных факторов, а также приведены вредные и опасные факторы по отношению инженера электронщика.

Приведены существующие способы снижения воздействия вредных и опасных факторов на инженера электронщика.

В подразделе «обеспечение охраны труда инженера электронщика» описаны требования к охране труда, обеспечивающие безопасность работника. Рассмотрены требования к работнику перед началом преступления к работе, во время выполнения работы, а также после окончания работы и в случае возникновения аварийной ситуации. Расписаны нормы времени, в течении которого может работать инженер электронщик, а также время для отдыха и перерыва.

В подразделе «способы утилизации микроконтроллеров» были описаны причины, по которым необходимо проводить утилизацию микроконтроллеров и другой вычислительной техники.

Описаны правила проведения утилизации, а также некоторые процессы, проводимые при утилизации вычислительной техники и микроконтроллеров.

## 4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Целью технико-экономического расчета является оценка экономической эффективности и определение сметы затрат на разработку мобильного робототехнического комплекса.

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

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

Далее представлен расчет всех составляющих сметы затрат на разработку системы.

### 4.1 Расчет затрат на разработку программы для «Датчика углекислого газа»

Затраты на разработку программы для микроконтроллера рассчитываются по формуле 1.

$$Z_{РПР} + Z_{ФОТР} + Z_{ОВФ} + Z_{ЭВМ} + Z_{СПП} + Z_{ХОП} + P_n, \quad (1)$$

где  $Z_{ФОТР}$  – общий фонд оплаты труда разработчиков программы,

$Z_{ОВФ}$  – начисления на заработную плату разработчиков программы во внебюджетные фонды,

$Z_{ЭВМ}$  – затраты, связанные с эксплуатацией техники,

$Z_{СПП}$  – затраты на специальные программные продукты, необходимые для разработки программы для микроконтроллера,

$Z_{ХОП}$  – затраты на хозяйственно-операционные нужды (бумага, литература, носители информации и т.п.),

$P_H$  – накладные расходы ( $P_H = 30\%$  от ЗФОТР).

При разработке программы для микроконтроллера общее время разработки составило 0,5 месяца.

Фонд оплаты труда за время работы над программой для микроконтроллера рассчитывается по формуле 2.

$$Z_{\text{ФОТР}} = \sum_{j=1}^m O_{Pj} \cdot T_{\text{РПР } j} \cdot (1+k_d)(1+k_y), \quad (2)$$

где  $O_{Pj}$  – оклад  $j$ -го разработчика. В разработке участвовал 1 человек, его оклад составляет 16000 руб.,

$T_{\text{РПР } j}$  – общее время работы над программой в месяцах,  $T_{\text{РПР}} = 0,5$ ,

$k_d$  – коэффициент дополнительной зарплаты,  $k_d = 20\% = 0,2$ ,

$k_y$  – районный коэффициент,  $k_y = 0,15$ .

Таким образом,

$$Z_{\text{ФОТР}} = 16000 \cdot 0,5 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,15) = 11040 \text{ руб.}$$

Страховой взнос во внебюджетные фонды складываются из взносов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Страховые взносы складываются из обязательного пенсионного страхования (ОПС), отчислений в фонд социального страхования и отчислений в фонд обязательного медицинского страхования.

Значения всех используемых ставок приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения ставок страховых взносов

№	Наименование внебюджетного фонда	Размер ставок, %
1	Пенсионный фонд	22
2	Фонд социального страхования	2,9
3	Федеральный фонд обязательного медицинского страхования	5,1
	Итого:	30

Сумма начислений на заработную плату во внебюджетные фонды рассчитывается по формуле 3.

$$Z_{ОВФ} = 0,3 \cdot Z_{ФОТР}, \quad (3)$$

$$Z_{ОВФ} = 0,3 \cdot 11040 = 7659 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с использованием вычислительной и оргтехники рассчитываются по формуле 4.

$$Z_{ЭВМ} = T_{МРПР} \cdot k_{Г} \cdot n \cdot C_{М-ч} \quad (4)$$

где  $k_{Г}$  – коэффициент готовности ЭВМ,  $k_{Г} = 0,95$ ,

$n$  – количество единиц техники, равно 1,

$C_{М-ч}$  – себестоимость машино–часа,  $C_{М-ч} = 6$  руб.,

$T_{МРПР}$  – машинное время работы над программой, равно 1 мес.

Перевод рабочего времени в часы осуществляется по формуле 5.

$$T_{час} = T_{мес} \cdot Ч_{РД} \cdot T_{см} \cdot K_{см}, \quad (5)$$

где  $T_{час}$  – рабочее время, ч,

$T_{мес}$  – рабочее время, мес, ( $T_{мес} = 1$ ),

$Ч_{РД}$  – число рабочих дней, ( $Ч_{РД} = 22$ ),

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, ( $T_{см} = 8$  ч),

$K_{см}$  – количество рабочих смен, ( $K_{см} = 1$ ).

Таким образом, время на разработку программы для микроконтроллера с использованием ЭВМ составляет:

$$T_{\text{час}} = 0,5 \cdot 22 \cdot 8 \cdot 1 = 88 \text{ часа},$$

$$Z_{\text{ЭВМ}} = 88 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 6 = 501,6 \text{ руб.}$$

Затраты на специальные программные продукты, необходимые для разработки программы для микроконтроллера рассчитываются по формуле 6.

$$Z_{\text{СПП}} = \sum_{p=1}^n C_p \quad (6)$$

где  $C_p$  – цена  $p$ -го специального программного продукта.

Перечень программных продуктов специального назначения приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Программные продукты специального назначения

№	Название ПП	Цена, руб.
1	Среда разработки Arduino IDE	0
2	EasyEDA	0
	Итого:	0

Использованные программные продукты бесплатны, поэтому:

$$Z_{\text{СПП}} = 0 \text{ руб.}$$

Затраты на хозяйственно–организационные нужды приведены в таблице 4 и вычисляются по формуле 7.

$$Z_{\text{ХОИ}} = \sum_{\tau=1}^n C_{\tau} \cdot K_{\tau}, \quad (7)$$

где  $C_{\tau}$  – цена  $\tau$ -го товара, руб.,

$K_{\tau}$  – количество  $\tau$ -го товара.

Таблица 4 – Затраты на хозяйственно–организационные нужды

Наименование	Цена за единицу (руб.)	Кол-во (шт.)	Всего (руб.)
USB–флеш–накопитель	400	1	400
Бумага	1	100	100
Итого:			500

$$Z_{ХОИ} = 400 \cdot 1 + 1 \cdot 100 = 500 \text{ руб.}$$

Накладные расходы рассчитываются по формуле 8.

$$P_H = Z_{ФОР} \cdot k_{НР}, \quad (8)$$

$$P_H = 11040 \cdot 0,3 = 3312 \text{ руб.}$$

Таким образом, затраты на разработку программы для микроконтроллера рассчитанные по формуле 1 составят:

$$Z_{РПР} = 11040 + 3312 + 501,6 + 0 + 500 + 3312 = 18665,6 \text{ руб.}$$

#### 4.2 Расчет затрат на внедрение программы для микроконтроллера

Затраты на внедрение программы для микроконтроллера (ЗВПР) рассчитываются по формуле 9.

$$Z_{ВПР} = Z_M + Z_{КТС} \cdot (1 + k_{тун}) + Z_{ПО} + Z_{ФОРВ} + Z_{ОФВ} + Z_{ЭВМ} + P_{ком} + P_H, \quad (9)$$

где  $Z_M$  – затраты на приобретение материалов, руб.,

$Z_{КТС}$  – затраты на приобретение комплекса технических средств, руб.,

$Z_{ПО}$  – затраты на приобретение программного обеспечения (включают стоимость разработанной программы, а также других существующих ПП, необходимых для функционирования системы), руб.,

$Z_{ФОРВ}$  – затраты на оплату труда работников, занятых внедрением проекта, руб.,

$Z_{ОФВ}$  – страховой взнос во внебюджетные фонды с заработной платы работников, занятых внедрением проекта, руб.,

$Z_{ЭВМ}$  – затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ при внедрении проектного решения, руб.,

$R_{ком}$  – командировочные расходы, руб.,

$R_{н}$  – накладные расходы, руб.,

$ктун$  – коэффициент транспортирования, установки и наладки комплекса технических средств, определяется действующими нормативами организации, а также спецификой конкретного проекта.

Затраты на приобретение материалов (ЗМ) приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Затраты на приобретение материалов

Наименование	Цена за единицу (руб.)	Кол-во (шт.)	Всего (руб.)
Arduino Nano	650	1	650
Датчик MQ-135	230	1	230
Модуль OLED дисплея	215	1	215
Резистор 22 кОм	25	1	25
Соединительные провода	40	120	120
Пластик	600	1	600
Итого:			1840

Дополнительного приобретения компьютеров или других КТС не требуется, следовательно,  $Z_{КТС} = 0$ .

Затраты на приобретение программного обеспечения в данном случае равны затратам на разработку и составляют  $Z_{ПО} = 18665,6$  руб.

Внедрением занят один системный инженер с окладом 16000 руб. Время внедрения – 0,25 месяца. По формуле рассчитываем затраты на оплату труда и страховой взнос во внебюджетные фонды.

$$Z_{фотв} = 16000 \cdot 0,25 \cdot (1 + 0,15) = 4600 \text{ руб.}$$

$$Z_{ОВФ} = 4600 \cdot 0,3 = 1380 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ при внедрении проектного решения составят:

$$Z_{ЭВМ} = 0,25 \cdot 22 \cdot 8 \cdot 6 = 264 \text{ руб.}$$

Командировочные расходы при внедрении программы для микроконтроллера не планируются, следовательно,  $R_{ком} = 0$ .

Так как коэффициент накладных расходов по данным организации составляет  $k_{НР} = 0,3$ , то величина накладных расходов равна 1380 руб.

Суммарные затраты на внедрение составят:

$$Z_{ВПР} = 1840 + 0 + 18665,6 + 4600 + 1380 + 264 + 0 + 1380 = 28129 \text{ руб.}$$

#### **4.3 Расчет эксплуатационных текущих затрат по программе для микроконтроллера**

Годовые затраты на обработку результатов до внедрения разработанной программы для микроконтроллера рассчитываются по формуле 10.

$$C_1 = ЗП_1 + ОТ_{ВН1} + Z_{ЭВМ1} + M_{з1} + НР_1, \quad (10)$$

где  $ЗП_1$  – затраты на оплату труда сотрудника на выполнение функций до внедрения проектного решения,

$ОТ_{ВН1}$  – страховой взнос во внебюджетные фонды,

$Z_{ЭВМ1}$  – затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ,

$M_{з1}$  – годовые материальные затраты на сопровождение программы для микроконтроллера составляют 1800 руб.,

$НР_1$  – накладные расходы.

Временные затраты работы сотрудника в месяцах рассчитываются по формуле 11.

$$T_{1мес} = \frac{T_{1час}}{Ч_{рд} \cdot Ч_{рч}}, \quad (11)$$

где  $T_{1мес}$ ,  $T_{1час}$  – время, затрачиваемое сотрудником на обработку результатов, в месяцах и часах соответственно ( $T_{1час} = 275$  часов),

$Ч_{рд}$  – число рабочих дней в месяц,

$Ч_{рч}$  – число рабочих часов в день.

$$T_{1мес} = \frac{275}{22 \cdot 8} = 1,6 \text{ мес},$$

Тогда затраты на оплату труда сотрудника рассчитываются по формуле 12.

$$ЗП_1 = O_c \cdot T_{1мес} \cdot (1 + k_d) \cdot (1 + k_y), \quad (12)$$

где  $O_c$  – оклад сотрудника (оклад составляет 16000 руб.),

$$ЗП_1 = 16000 \cdot 1,6 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,15) = 35328 \text{ руб.}$$

Страховой взнос до внедрения вычисляются по формуле 13.

$$ОТ_{ВН1} = ЗП_1 \cdot 0,3, \quad (13)$$

$$ОТ_{ВН1} = 35328 \cdot 0,3 = 10598 \text{ руб.}$$

Рассчитываем затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ до внедрения по формуле 14.

$$З_{ЭВМ1} = T_{1час} \cdot C_{М-ч}, \quad (14)$$

$$З_{ЭВМ1} = 275 \cdot 6 = 1650 \text{ руб.}$$

Подставив соответствующие значения в формулу 10, получим:

$$C_1 = 35328 + 10598 + 1650 + 1800 = 49376 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на эксплуатацию системы после внедрения программы для микроконтроллера рассчитываются аналогично по формуле 15.

$$C_2 = 3П_2 + ОТ_{ВН2} + З_{ЭВМ2} + М_{з2} + НР_2, \quad (15)$$

где  $3П_2$  – затраты на оплату труда сотрудника после внедрения,  
 $ОТ_{ВН2}$  – страховой взнос во внебюджетные фонды,  
 $З_{ЭВМ2}$  – затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ после внедрения,  
 $М_{з2}$  – материальные затраты, годовые материальные затраты на сопровождение программы для микроконтроллера составляют 2500 руб.,  
 $НР_2$  – накладные расходы.

Временные затраты работы сотрудника в месяцах вычисляются по формуле 16.

$$T_{2мес} = \frac{T_{2час}}{Ч_{рд} \cdot Ч_{рч}}, \quad (16)$$

где  $T_{2мес}$ ,  $T_{2час}$  – время, затрачиваемое сотрудником на обработку результатов, в месяцах и часах соответственно ( $T_{2час} = 50$  часов),

$Ч_{рд}$  – число рабочих дней в месяц,

$Ч_{рч}$  – число рабочих часов в день.

$$T_{2мес} = \frac{120}{22 \cdot 8} = 0,7 \text{ мес.}$$

Тогда затраты на оплату труда сотрудника высчитываются по формуле 17.

$$3П_2 = O_c \cdot T_{2мес} \cdot (1 + k_d) \cdot (1 + k_y), \quad (17)$$

где  $O_c$  – оклад сотрудника (оклад составляет 16000 руб.)

$$3П_2 = 16000 \cdot 0,7 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,15) = 15456 \text{ руб.}$$

Страховой взнос после внедрения вычисляются по формуле 18.

$$ОТ_{ВН2} = 3П_2 \cdot 0,3, \quad (18)$$

$$ОТ_{ВН2} = 15456 \cdot 0,3 = 4636 \text{ руб.}$$

Рассчитываем затраты, связанные с эксплуатацией ЭВМ после внедрения по формуле 19.

$$Z_{ЭВМ2} = T_{2\text{час}} \cdot C_{M-ч}, \quad (19)$$

$$Z_{ЭВМ2} = 120 \cdot 6 = 300 \text{ руб.}$$

Подставив соответствующие значения в формулу, получим:

$$C_2 = 15456 + 4636 + 720 + 2500 = 23312 \text{ руб.}$$

Таким образом, текущие затраты на содержание системы до внедрения разработанной программы для микроконтроллера составляют 49376руб., после внедрения 23312руб.

#### **4.4 Расчет экономической целесообразности разработки и внедрения информационных технологий**

Для разрабатываемого проекта расчет экономической эффективности производится исходя из следующих условий:

- годовые текущие затраты до внедрения автоматизированной системы,  $C_1 = 49376$ руб.,
- годовые текущие затраты после внедрения системы,  $C_2 = 23312$ руб.,
- горизонт расчета принимается исходя из срока использования разработки,  $T = T_n = 2$  годам,
- шаг расчета равен одному году,  $t = 1$  году,
- капитальные вложения равны затратам на создание системы,  $K = 28129,6$  руб.,
- норма дисконта равна норме дохода на капитал,  $E = 12\%$ .

Ожидаемая условно-годовая экономия от внедрения системы рассчитывается по формуле 20.

$$\mathcal{E}_{y2} = C_1 - C_2 + \sum \mathcal{E}_i, \quad (20)$$

где  $\mathcal{E}_{y2}$  – ожидаемая условно-годовая экономия, руб.,

$C_1$  – годовые текущие затраты до внедрения автоматизированной системы, руб.,

$C_2$  – годовые текущие затраты после внедрения системы, руб.,

$\Sigma_{\Delta i}$  – ожидаемый дополнительный эффект от различных факторов, руб.

Так как основным фактором, по которому производится расчет экономической эффективности от внедрения программы для микроконтроллера, является уменьшение времени обработки результатов тестирования и дополнительный эффект не учитывается, то  $\Sigma_{\Delta i} = 0$ .

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$\Delta_{\text{гг}} = 49376 - 23312 = 26064 \text{ руб.}$$

где  $\Delta_{\text{гг}}$  – ожидаемая условно-годовая экономия, руб.

Величина ожидаемого годового экономического эффекта от внедрения ИС рассчитывается по формуле 21.

$$\Delta_{\text{г}} = \Delta_{\text{гг}} - K \cdot E_n, \quad (21)$$

где  $\Delta_{\text{г}}$  – ожидаемый годовой экономический эффект, руб.,

$\Delta_{\text{гг}}$  – ожидаемая условно-годовая экономия, руб.,

$K$  – капитальные вложения (равны затратам на создание ИС), руб.,

$E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений определяется по формуле 22.

$$E_n = \frac{1}{T_n}, \quad (22)$$

где  $T_n$  – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, лет.

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$\Delta_{\text{г}} = 26064 - 28129,6 \cdot 0,5 = 11999,2 \text{ руб.}$$

Расчетный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений рассчитывается по формуле 23.

$$E_p = \frac{\Delta_{y2}}{K}, \quad (23)$$

где  $E_p$  – расчетный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений,

$\Delta_{y2}$  – ожидаемая условно–годовая экономия, руб.,

$K$  – капитальные вложения на создание системы, руб.

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$E_p = \frac{26064}{28129,6} = 0,9$$

Расчетный срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле 24.

$$T_p = \frac{1}{E_p}, \quad (24)$$

где  $E_p$  – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Подставив вычисленные выше значения в формулу, получим:

$$T_p = \frac{1}{0,9} = 1,1 \text{ год.}$$

Срок окупаемости без дисконтирования 1,1 год.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Если в течение расчетного периода не происходит инфляционного изменения цен или расчет производится в базовых ценах, то величина ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляется по формуле 25.

$$ЧДД = \sum_{t=1}^T (P_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} - K, \quad (25)$$

где  $P_t$  – ожидаемые результаты от внедрения предложенной ИС, руб.,

$Z_t$  – ожидаемые затраты (капитальные и текущие) на создание и эксплуатацию ИС, руб.,

$\Delta t = (P_t - Z_t)$  – эффект, достигаемый на  $t$ -м шаге расчета,

$K$  – капитальные вложения,

$t$  – номер шага расчета ( $t = 1, 2$ ),

$T$  – горизонт расчета,

$E$  – постоянная норма дисконта, 12%.

$\Delta t = (P_t - Z_t) = \Delta_{уг} = 26064$  руб. В том случае, если текущие затраты ( $Z_t$ ) на весь срок использования разработки равны 0.

$t = 1, 2$  год, т.к. предполагается, что результат от внедрения предложенной ИС будет с текущего года внедрения ИС.

Если ЧДД инвестиционного проекта положителен, то проект является эффективным (при данной норме дисконта).

Тогда суммарный чистый дисконтированный доход за весь горизонт расчета равен:

$$ЧДД = \Delta_1 \cdot \frac{1}{(1+E)} + \Delta_2 \cdot \frac{1}{(1+E)^2}, \quad (26)$$

$$ЧДД = \frac{26064}{(1+0,12)} + \frac{26064}{(1+0,12)^2} - 28129,6 = 15920 \text{ руб.}$$

Положительное значение чистого дисконтированного дохода,  $ЧДД > 0$ , свидетельствует о том, что инвестирование целесообразно и данная ИС может приносить прибыль в установленном объеме.

Индекс доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений и определяется по формуле 27.

$$ИД = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^T (P_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (27)$$

где  $K$  – величина капиталовложений или стоимость инвестиций.

$$ИД = \frac{44049,6}{28129,6} = 1,56$$

Инвестиции считаются эффективными, если индекс доходности выше единицы,  $ИД > 1$ , следовательно, инвестиции в данную ИС, эффективны.

Внутренняя норма доходности (ВНД):

при  $E_1 \rightarrow ЧДД_1 > 0$

$E_2 \rightarrow ЧДД_2 < 0$

$$ВНД = E_1 + \frac{ЧДД_1}{ЧДД_1 - ЧДД_2} \cdot (E_2 - E_1), \quad (28)$$

при  $E_1 \rightarrow ЧДД_1 > 0$

$E_2 \rightarrow ЧДД_2 > 0$

$$ВНД = E_1 + \frac{ЧДД_1}{ЧДД_1 + ЧДД_2} \cdot (E_2 - E_1) \quad (29)$$

$E_1 = 0,11$

$$ЧДД_1 = \frac{26064}{(1+0,11)} + \frac{26064}{(1+0,11)^2} - 28129,6 = 16506 \text{ руб.}$$

$E_1 = 0,13$

$$ЧДД_2 = \frac{26064}{(1+0,13)} + \frac{26064}{(1+0,13)^2} - 28129,6 = 15238 \text{ руб.}$$

$E_1 \rightarrow ЧДД_1 > 0$

$E_2 \rightarrow ЧДД_2 > 0$

$$ВНД = 0,11 + \frac{16506}{16506 + 15238} \cdot (0,13 - 0,11) = 0,12.$$

Таким образом, норма дисконта должна быть в пределах 11% – 13%.

Показатели экономической целесообразности разработки и внедрения программы для микроконтроллера сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Показатели экономической целесообразности разработки и внедрения программы для микроконтроллера

<b>Наименование показателя</b>	<b>Значения</b>
Затраты на разработку и внедрение ПП, руб.	28129
Ожидаемая экономия от внедрения ПП, руб.	26064
Чистый дисконтированный доход, руб.	15920
Индекс доходности	1,56
Внутренняя норма доходности	0,12
Дисконтированный срок окупаемости, лет	1,1
Срок морального старения, года	2

Произведенные расчеты свидетельствуют, что внедрение, разработанной в ВКР программы для микроконтроллера, позволит сократить временные затраты на обработку результатов тестирования, что приведет к сокращению годовых текущих затрат на 26064рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над выпускной квалифицированной работой, в сфере профессиональной деятельности, включающей в себя совокупность средств, способов и так же методов проектирования, были закреплены и систематизированы полученные знания.

Достигнута основная цель: разработка проекта устройства по контролю и измерению показателей окружающей среды, путём последовательного решения поставленных задач.

Проведён анализ предметной области исследования, разработана конструкция и управляющая программа. Рассмотрены вопросы, связанные с производственной и экологической безопасностью, произведён расчёт экономической эффективности проекта.

Итогом проведенной работы стал проект, удовлетворяющий техническим и конструктивным требованиям, а также требованиям производственной и экологической безопасности.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Углекислый газ и его воздействие на организм человека [электронный ресурс] URL: <https://xn--90aifdm6al.xn--p1ai/blog/vozdejstvie-co2-na-cheloveka> - дата обращения (05.02.2022).
2. Инструкция по охране труда для инженера [электронный ресурс] URL: <http://prom-nadzor.ru/content/instrukciya-po-ohrane-truda-dlya-inzhenera-elektronika-po-obslyzhivaniyu-i-remontu> - дата обращения (05.02.2022).
3. Измерение концентрации углекислого газа (CO<sub>2</sub>) с помощью Arduino и датчика MQ-135 [электронный ресурс] URL: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/izmerenie-konzentraczii-uglekislogo-gaza-co2-s-pomoshhyu-arduino-i-datchika-mq-135/> - дата обращения (05.02.2022).
4. Arduino Nano [электронный ресурс] URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano> - дата обращения (05.02.2022).
5. Датчик углекислого газа MQ-135 [электронный ресурс] URL: <https://amperka.ru/product/troyka-mq135-gas-sensor#docs> - дата обращения (05.02.2022).
6. Измеряем концентрацию CO<sub>2</sub> в квартире с помощью MH-Z19 [электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/395755/> - дата обращения (05.02.2022).
7. MQ135 датчик углекислого газа. Библиотека MQ135 Arduino library. [электронный ресурс] URL: <https://portal-pk.ru/news/285-mq135-datchik-uglekislogo-gaza-biblioteka-mq135-arduino-library.html> - дата обращения (05.02.2022).
8. Схемы электрические функциональные [электронный ресурс] URL: <https://digteh.ru/InjGraf/SxElektr/func/> - дата обращения (12.03.2022).
9. Оценка уровня углекислого газа в помещении с кондиционером [электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/company/dadget/blog/404741/> - дата обращения (12.03.2022).

10. Микроконтроллеры. Устройство и особенности. [электронный ресурс]. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/mikrokontrollery/> – (дата обращения 18.02.2022г)

11. Оценка условий труда на рабочем месте инженера-электронщика [электронный ресурс] URL: <http://www.refbzd.ru/viewreferat-1696-11.html> - (дата обращения 22.04.2022г)

12. Отходы орг.техники. Состав, ФККО, паспорта, расчет [электронный ресурс] URL: <https://этна-регионы.рф/utilizaciya/licenziya-na-orgtehniku.html> - (дата обращения 22.04.2022г)

13. Идентификация опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте инженера-электронщика [электронный ресурс] URL: [https://studbooks.net/1510896/bzhd/identifikatsiya\\_opasnyh\\_vrednyh\\_proizvodstvennyh\\_faktorov\\_rabochem\\_meste\\_inzhenera\\_elektronschika](https://studbooks.net/1510896/bzhd/identifikatsiya_opasnyh_vrednyh_proizvodstvennyh_faktorov_rabochem_meste_inzhenera_elektronschika) - (дата обращения 23.04.2022г)

## ПРИЛОЖЕНИЕ А – ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

### Техническое задание на создание устройства по контролю и измерению показателей окружающей среды

#### 1 Общие сведения

##### 1.1 Наименование системы

###### 1.1.1 Полное наименование

Полное наименование: Устройство по контролю и измерению показателей окружающей среды

###### 1.1.2 Краткое наименование

Краткое наименование: Датчик углекислого газа

##### 1.2 Основания для проведения работ

Работа выполняется на основании задания по проведению ВКР.

##### 1.3 Наименование организаций – Заказчика и Разработчика

###### 1.3.1 Заказчик

Заказчик: ЛФ ПНИПУ

###### 1.3.2 Разработчик

Разработчик: Студент ЛФ ПНИПУ Пушкарев Никита

##### 1.4 Плановые сроки начала и окончания работы

Работы по разработке Датчика углекислого газа будут начаты 20.02.2022г и будут проходить до 30.05.2022г.

##### 1.5 Источники и порядок финансирования

Разработка финансируется разработчиком.

##### 1.6 Порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ

Результат разработки устройства предъявляется Заказчику по завершению каждого из испытаний. При этом Заказчик получает результат испытаний, и все разработанные материалы устройства.

## 2 Назначение и цель создания системы

### 2.1 Назначение системы

Датчик углекислого газа разрабатывается для использования в жилых помещениях, а так же возможно использование на предприятиях. Данное устройство позволит измерить концентрацию углекислого газа в воздухе и принять меры в случае повышенной концентрации углекислого газа.

### 2.2 Цели создания системы

Датчик углекислого газа разрабатывается с целью выполнения задания на выпускную квалификационную работу.

## 3 Характеристика объектов автоматизации

Использование Датчика углекислого газа будет проводиться в помещении. Диапазон температур, при которых должна поддерживаться работа устройства лежит от -30 до +70 градусов Цельсия.

## 4 Требования к системе

### 4.1 Требования к системе в целом

#### 4.1.1 Требования к структуре и функционирования системы

Датчик углекислого газа состоит из 4 основных элементов:

- Датчик газа MQ-135
- Микроконтроллер Arduino Nano
- Дисплей
- Блок питания

Датчик газа MQ-135 служит для измерения концентрации углекислого газа в воздухе, способен обнаруживать широкий диапазон различных газов в окружающем воздухе: NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, алкоголь, бензол, дым и углекислый газ (CO<sub>2</sub>)

Микроконтроллер Arduino Nano является связующим звеном между всеми элементами устройства и в него будет загружен программный код.

На дисплей будут выводиться показатели, полученные с датчика.

Блок питания выполняет работу питания всех элементов устройства. Питается устройства от аккумуляторной батареи.

4.1.2 Требования к численности и квалификации персонала системы и режиму его работы

Не предъявляются.

4.1.3 Показатели назначения

4.1.3.1 Параметры, характеризующие степень соответствия системы назначению

Датчик углекислого газа должен измерять концентрацию CO<sub>2</sub> с погрешностью не более 20-50 ppm.

4.1.3.2 Требования к приспособляемости системы к изменениям

Не предъявляются.

4.1.3.3 Требования к сохранению работоспособности системы в различных вероятных условиях

В таблице 1 приведены некоторые вероятных условиях и действия при их возникновении.

Вероятное условие	Действие
Высокая погрешность в измерении концентрации углекислого газа	Перезагрузка устройства, прогрев датчика перед измерением.

4.1.4 Требования к надежности

4.1.4.1 Состав показателей надёжности для системы в целом

О надёжности собранного устройства свидетельствуют:

Качество спайки радиоэлектронных элементов. Спайка радиоэлектронных элементов должно производиться чистыми проводами, не имеющими грязи и нагара на концах спаянных проводов и контактом. Каждый элемент должен, качественно припаян и зафиксирован в своём посадочном месте. Не допускается состояние, при котором элемент печатной платы раскачивается или выпадает из посадочного места.

Качество сборки корпуса устройства. Корпус устройства должен быть крепко закрыт и защищён от внешнего воздействия. Каждый элемент корпуса должен, крепко зафиксирован в корпуса и не расшатываться.

4.1.4.2 Перечень аварийных ситуаций, по которым регламентируются требования к надёжности

В ходе эксплуатации Датчика углекислого газа могут возникнуть следующие аварийные ситуации:

- сбой питания устройства,
- сбой в работе датчика MQ-135,
- сбой в работе программы микроконтроллера.

1.4.4.3 Требования к надёжности технических средств и программного обеспечения

Все используемые в устройстве технические средства должны в полной степени выполнять необходимые для них функции и задачи.

4.1.4.4 Требования к методам оценки и контроля показателей надёжности на разных стадиях создания системы в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

Проверка работоспособности разрабатываемого устройства проводится Разработчиком при выполнении одного из этапа разработки устройства.

4.1.5 Требования к эргономике и технической эстетике

Не предъявляются.

4.1.6 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы

Эксплуатация устройства должна быть разрешена при температуре от -30 до +70 градусов Цельсия. Водонепроницаемость корпуса устройства не является необходимой. Влажность воздуха, при которой можно эксплуатировать устройство лежит в диапазоне от 60 до 85%.

Техническое обслуживание устройства предполагает очистку корпуса устройства и его разъёма для питания от пыли и мусора.

4.1.7 Требования к защите информации от несанкционированного доступа

4.1.7.1 Требования к информационной безопасности

Не предъявляются.

4.1.8 Требования к сохранению информации при авариях

Не предъявляются.

4.1.9 Требования к защите от влияния внешних воздействий

Для защиты от внешних физических воздействий необходимо выполнить корпус из более толстого пластика, с качественным крепежом всех элементов корпуса

4.1.10 Требования по стандартизации и унификации

Вся разработка проводится по приведённым ГОСТам в пункте 9 настоящего технического задания.

4.2 Требования к функциям, выполняемым системой

Устройство имеет 3 элемента:

- датчик MQ-135
- дисплей
- микроконтроллер

В таблице 7 представлены выполняемые задачи и функции блоком световых эффектов.

Таблица 7 - Функции и задачи датчика MQ-135

Функции	Задачи
Измерение концентрации углекислого газа	Измерение $CO_2$ в воздухе.
	Передача данных на дисплей.

В таблице 8 представлены выполняемые задачи и функции Дисплея.

Таблица 8 - Функции и задачи Дисплея.

Функции	Задачи
Показание значений концентрации углекислого газа.	Прием информации от датчика MQ-135 и вывод данных на экран.

В таблице 9 представлены выполняемые задачи и функции микроконтроллера

Таблица 9 - Функции и задачи микроконтроллера

Функции	Задачи
Управление всеми элементами устройства	Обеспечить взаимодействие между элементами устройства
	Загрузка программного кода.

#### 4.3 Требования к видам обеспечения

##### 4.3.5 Требования к информационному обеспечению

Необходимо обеспечить точное измерение концентрации углекислого газа.

##### 4.3.6 Требования к лингвистическому обеспечению

Программный код для микроконтроллера должен быть написан на языке программирования C++.

##### 4.3.4 Требования к программному обеспечению

Для работы устройства необходимо разработать программный код, выполняющий работу по измерению и показанию концентрации углекислого газа в воздухе.

##### 4.3.5 Требования к техническому обеспечению

В устройстве необходимо использовать микроконтроллер, управляющий датчиком MQ-135 и передачей данных на дисплей.

#### 4.3.6 Требования к метрологическому обеспечению

Не предъявляются.

#### 4.3.7 Требования к организационному обеспечению

Не предъявляются.

#### 4.3.8 Требования к методическому обеспечению

После завершения разработки Датчика углекислого газа, Разработчик предоставляет Заказчику все разработанные материалы устройства, включающие в себя принципиальную схему устройства, схему печатной платы с двух сторон, если плата двухсторонняя, блок-схему алгоритма работы устройства. Так же Разработчик должен предоставить Заказчику программный код. Все материалы передаются Разработчиком Заказчику при сдаче устройства на электронном носителе и распечатанные на бумажном носителе.

#### 4.3.9 Требования к патентной чистоте

Разработанное устройство должно быть свободно от авторских прав, и иметь полную возможность на эксплуатацию.

#### 5 Состав и содержание работ по созданию системы

Разработка Датчика углекислого газа выполняется в 3 этапа:

- разработка устройства,
- сборка устройства,
- написание и внедрение программного кода.

После двух последних этапов разработки Разработчик должен сам проводить испытания устройства, проверяющие выполнение устройством всех необходимых ему функций.

#### 6 Порядок контроля и приемки системы

Приёмка устройства проводится с приёмкой Всех материалов разработки, а также с проведением испытаний с Заказчиком, для проверки полного функционирования системы.

7 Требования к составу и содержанию работ по подготовке устройства к вводу в эксплуатацию

Не предъявляются.

8 Требования к документированию

Не предъявляются.

9 Источники разработки

В процессе разработки устройства необходимо пользоваться следующими ГОСТами:

ГОСТ 2.102-2013 «Единая система конструкторской документации. СХЕМЫ. Виды и типы. Общие требования к выполнению»

ГОСТ Р 51086-97 «Датчики и преобразователи физических величин электронные»

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б – ПРОГРАММНЫЙ КОД

```
#define RLOAD 22.0
#include "MQ135.h"
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
// Declaration for SSD1306 display connected using software SPI (default case):
#define OLED_MOSI 9
#define OLED_CLK 10
#define OLED_DC 11
#define OLED_CS 12
#define OLED_RESET 13
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT,
    OLED_MOSI, OLED_CLK, OLED_DC, OLED_RESET, OLED_CS);
MQ135 gasSensor = MQ135(A0);
int val;
int sensorPin = A0;
int sensorValue = 0;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(sensorPin, INPUT);
    display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC);
    display.clearDisplay();
    display.display();
}
void loop() {
```

```
val = analogRead(A0);
Serial.print ("raw = ");
Serial.println (val);
// float zero = gasSensor.getRZero();
// Serial.print ("rzero: ");
//Serial.println (zero);
float ppm = gasSensor.getPPM();
Serial.print ("ppm: ");
Serial.println (ppm);
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(18,43);
display.println("CO2");
display.setCursor(63,43);
display.println("(PPM)");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(28,5);
display.println(ppm);
display.display();
display.clearDisplay();
delay(2000);
}
```