

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Устройство измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO
УДК 621.317.335.2:621.319.4:004.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т51	Со Си		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Суханов А.В.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Скачкова Л.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Е.И.	К.Т.Н.		
Руководитель ОАР	Леонов С.В.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре
Универсальные компетенции	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения Весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	5.06.2019
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
31.05.2019	<i>Основная часть</i>	70
3.06.2019	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
4.06.2019	<i>Социальная ответственность</i>	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Суходоев М.С.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Е.И.	к.т.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
158Т51	Со Си

Тема работы:

Устройство измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	5.06.2019
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> - программная среда Arduino - контроллер Arduino Uno - манипулятор
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> - разработку алгоритмов управления; - программирование контроллера;
Перечень графического материала	Презентация в формате Манипулятора.pptx
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Основная часть	Суходоев М.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора И.В.
Социальная ответственность	Скачкова Л.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22.04.2019
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Суходоев М.С.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т51	Со Си		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
158Т51	Со Си

Институт	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Автоматизация и робототехника
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Разработка устройства измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO в лабораторных условиях.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Планирование этапов работ, определение трудоемкости работы и построение календарного графика.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т51	Со Си		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
158Т51	Со Си

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Автоматизация и робототехника
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Устройство измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Описывается рабочее место, выбранное для разработки, проявление вредных факторов, проявление опасных факторов, проявление негативного воздействия на окружающую среду.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные: - шум - электромагнитное излучение - микроклимат Опасные: - электробезопасность
3. Экологическая безопасность:	При выполнении работы влияние на атмосферу и гидросферу не происходит. Воздействие на литосферу – образование отходов при печати документов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	В аудиторном помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			
-----------------------------------	----------------------------------	--	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т51	Со Си		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 71 страницы, 19 рисунков, 18 таблиц, 12 источников, 2 приложение.

Объектом исследования является емкости электрического конденсатора.

Ключевые слова: Arduino UNO, конденсатор, LCD дисплея LCD1602.

Цель данной работы заключается в разработке устройства измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO.

В результате исследования написана программа, реализующая измерения электрической емкости конденсаторов и схемы электрических соединений LCD дисплея и модернизация программного кода Arduino UNO для отображения результатов измерений.

Экономическая эффективность и значимость работы, себестоимость исследуемой системы представлена в главе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2019, программирование – в пакете Arduino

Оглавление

Реферат.....	9
Введение.....	13
1 Основные теоретические положения.....	14
1.1 Arduino UNO.....	14
1.2 Дисплей LCD 1602A.....	16
1.2.1 Технические параметры.....	17
1.2.2 Назначение контактов:.....	17
1.2.3 Основные характеристики LCD дисплея LCD1602.....	18
1.2.4 Программирование LCD дисплея.....	19
1.3 Метод вычисления абсолютной погрешности.....	20
1.3.1 Погрешность измерения.....	20
1.3.2 Относительная погрешность.....	20
2 Проектирование.....	22
2.1 Принцип эксперимента.....	22
2.2 Измерение емкости электрического конденсатора.....	23
2.2.1 Принципиальная схема.....	23
2.2.2 Схема эксперимента.....	24
2.2.3 Результат эксперимента.....	25
2.3 Сравнение точности измерения.....	25
2.3.1 Экспериментальные данные.....	25
2.3.2 Рассчитать абсолютную ошибку изменения.....	29
2.4 Соединение LCD с конденсатором.....	31
2.4.1 Принципиальная схема.....	31
2.4.2 Схема эксперимента.....	32

3	Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	34
3.1	Анализ конкурентных технических решений	34
3.2	SWOT – анализ	36
3.3	Организация и планирование работ.....	38
3.4	Планирование научно-исследовательских работ.....	39
	3.4.1 Структура работ научного исследования	39
	3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	41
3.5	Продолжительность этапов работ	42
3.6	Разработка графика проведения научного исследования	43
3.7	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	47
	3.7.1 Расчет материальных затрат НТИ	47
	3.7.2 Амортизация компьютерной техники	47
	3.7.3 Расчет основной заработной платы исполнителей	48
	3.7.4 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей	48
	3.7.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды	49
	3.7.6 Формирование бюджета затрат научно исследовательской работы.....	50
3.8	Определение ресурсов, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	50
4.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	53
4.1	Организационные мероприятия обеспечения безопасности	53
	4.1.1 Особенность законодательного регулирования проектных решений	55

4.2	Производственная санитария	55
4.2.1	Анализ вредных и опасных факторов	55
4.2.2	Шум.....	57
4.2.3	Электромагнитное излучение	58
4.2.4	Микроклимат.....	59
4.3	Анализ опасных факторов	61
4.3.1	Электробезопасность	61
4.3.2	Региональная безопасность	62
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
	Заключение.....	64
	Список используемых источников	66
	Приложение А	67
	Приложение Б.....	69

Введение

Работа направлена на разработку устройства измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO. В процессе проектирования проведено моделирование процесса заряда электрических конденсаторов, разработан алгоритм измерения их электрической емкости, а также создан работающий прототип устройства.

В связи с поставленной целью намечены следующие задачи:

1. изучение основ проектирования электрических схем и программирования Arduino;
2. изучение свойств электрических конденсаторов, разработка схемы электрических соединений и программы для измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO;
3. сравнение точностей измерения емкости электрического конденсатора при различных значениях его заряда;
4. разработка схемы электрических соединений LCD дисплея и модернизация программного кода Arduino UNO для отображения результатов измерений.

1 Основные теоретические положения

1.1 Arduino UNO

Контроллер Arduino Uno построен на микроконтроллере ATmega328. На Arduino Uno предусмотрено всё необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов/выходов (6 из них могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъём USB, разъём питания, разъём для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса. [1] Для начала работы с устройством достаточно просто подать питание от AC/DC-адаптера или батарейки, либо подключить его к компьютеру посредством USB-кабеля. [2]



Рисунок 1 – Внешний вид Arduino UNO

Сердцем платформы Arduino Uno является 8-битный микроконтроллер семейства AVR — ATmega328P. [3]

Микроконтроллер ATmega16U2 обеспечивает связь микроконтроллера ATmega328P с USB-портом компьютера. При подключении к ПК Arduino Uno определяется как виртуальный COM-порт. Прошивка микросхемы 16U2 использует стандартные драйвера USB-COM, поэтому установка внешних

драйверов не требуется.

Пины питания:

- VIN: Напряжение от внешнего источника питания (не связано с 5В от USB или другим стабилизированным напряжением). Через этот вывод можно как подавать внешнее питание, так и потреблять ток, если к устройству подключён внешний адаптер;

- 5V: На вывод поступает напряжение 5В от стабилизатора платы. Данный стабилизатор обеспечивает питание микроконтроллера ATmega328;

- 3.3V: 3,3В от стабилизатора платы. Максимальный ток вывода — 50 мА;

- GND: Выводы земли.

Порты ввода/вывода:

- цифровые входы/выходы: пины 0 – 13;

- логический уровень единицы — 5 В, нуля — 0 В. Максимальный ток выхода — 40 мА;

- ШИМ: пины 3,5,6,9,10,11 (позволяют выводить 8-битные аналоговые значения в виде ШИМ-сигнала);

- АЦП: пины A0-A5 (6 аналоговых входов, каждый из которых может представить аналоговое напряжение в виде 10-битного числа (1024 значений). Разрядность АЦП — 10 бит;

- TWI/I²C: пины SDA SCL;

- SPI: пины:10(ss), 11(MOSI), 12(MISO),13(SCK) (через эти пины осуществляется связь по интерфейсу SPI);

- UART: пины 0(RX) 1(TX) (эти выводы соединены с соответствующими выводами микроконтроллера ATmega16U2,

выполняющей роль преобразователя USB-UART. Используется для коммуникации платы Arduino с компьютером или другими устройствами через класс Serial).

Разъём USB Type-B предназначен для прошивки платформы Arduino Uno с помощью компьютера.

Характеристики платформы:

- тактовая частота: 16 МГц;
- напряжение логических уровней: 5 В;
- входное напряжение питания: 7–12 В;
- портов ввода-вывода общего назначения: 20;
- максимальный ток с пина ввода-вывода: 40 мА;
- максимальный выходной ток пина 3.3V: 50 мА;
- максимальный выходной ток пина 5V: 800 мА;
- портов с поддержкой ШИМ: 6;
- портов, подключённых к АЦП: 6;
- разрядность АЦП: 10 бит;
- Flash-память: 32 КБ;
- оперативная память: 2 КБ.

1.2 Дисплей LCD 1602A

Жидкокристаллический дисплей (Рисунок 2) (Liquid Crystal Display) сокращенно LCD построен на технологии жидких кристаллов. При проектировании электронных устройства, нам нужно недорогое устройство для отображения информации и второй не менее важный фактор наличия

готовых библиотек для Arduino. Из всех доступных LCD дисплеев на рынке, наиболее часто используемой является LCD 1602A, который может отображать ASCII символы в 2 строки (16 знаков в 1 строке) каждый символ в виде матрицы 5x7 пикселей. [4]

1.2.1 Технические параметры

- Напряжение питания: 5 В
- Размер дисплея: 2.6 дюйма
- Тип дисплея: 2 строки по 16 символов
- Цвет подсветки: синий
- Цвет символов: белый
- Габаритные: 80мм x 35мм x 11мм

1.2.2 Назначение контактов:

- VSS: «-» питание модуля
- VDD: «+» питание модуля
- VO: Вывод управления контрастом
- RS: Выбор регистра
- RW: Выбор режима записи или чтения (при подключении к земле, устанавливается режим записи)
- E: Строб по спаду
- DB0-DB3: Биты интерфейса
- DB4-DB7: Биты интерфейса

- А: «+» питание подсветки
- К: «-» питание подсветки



Рисунок 2 – Контакты LCD дисплея LCD1602

1.2.3 Основные характеристики LCD дисплея LCD1602

- Тип отображения символьный с возможностью загрузки СИМВОЛОВ;
- Формат отображения 16×2 символов;

- Технология STN, Transflective, Positive;
- Контроллер HD44780;
- Интерфейс 8-bit Parallel Interface;
- Подсветка светодиодная;
- Угол обзора 180°;
- Напряжение питания 5 В;
- VLCD подстройка контраста 5.0 V (Vop.);
- Рабочая температура от -20 °С до +70 °С;
- Температура хранения от -30 °С до +80 °С.

1.2.4 Программирование LCD дисплея

Для программирования LCD дисплея используется библиотека LiquidCrystal, которая имеет в своем составе все необходимые функции, а именно:

LiquidCrystal()

Функция LiquidCrystal() устанавливает контакты, которые Arduino использует для подключения к ЖК-дисплею. Вы можете использовать любой из цифровых выводов Arduino для управления ЖК-дисплеем. Просто поместите номера выводов Arduino в скобки в следующем порядке: LiquidCrystal (RS, E, D4, D5, D6, D7). RS, E, D4, D5, D6, D7 - это выводы LCD.

Например, вы хотите, чтобы вывод D7 ЖКД подключался к выводу Arduino 12. Просто поместите «12» вместо D7 в функции, подобной этой: LiquidCrystal (RS, E, D4, D5, D6, 12). Эту функцию необходимо поместить перед разделом void setup () программы.

lcd.begin()

Эта функция устанавливает размеры ЖК-дисплея. Его нужно поместить перед любой другой функцией LiquidCrystal в разделе void setup () программы. Количество строк и столбцов указывается как lcd.begin (столбцы, строки). Для ЖК-дисплея 16 × 2 вы должны использовать lcd.begin (16, 2).

lcd.print()

Эта функция используется для печати текста на ЖК-дисплее. Его можно использовать в разделе void setup () или в разделе void loop () программы.

Чтобы напечатать буквы и слова, поместите кавычки (" ") вокруг текста. Для печати цифр кавычки не нужны.

lcd.clear()

Эта функция очищает любой текст или данные, уже отображенные на ЖК-дисплее. Если вы используете lcd.clear () с lcd.print () и функцией delay () в разделе void loop (), вы можете создать простую мигающую текстовую программу:

1.3 Метод вычисления абсолютной погрешности

1.3.1 Погрешность измерения

Ни одно измерение не выполняется идеально точно, всегда по различным причинам существует погрешность.

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от действительного значения измеряемой величины. [5]

1.3.2 Относительная погрешность

Относительная погрешность – это число, отражающее степень точности измерения. Погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения. [6]

Относительная погрешность вычисляется по следующей формуле (1) :

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x_{true}}, \quad (1)$$

Где δ_x – абсолютная погрешность измерений; x_{true} – действительное или измеренное значение величины.

2 Проектирование

2.1 Принцип эксперимента

Постоянная времени RC-цепи – это временная характеристика простой электрической цепи, в которой происходит изменение заряда конденсатора C за счёт его разряда через сопротивление R . [7] Постоянная времени определяется следующим выражением:

$$\tau = R * C, \quad (2)$$

Когда конденсатор заряжается или разряжается, время необходимо для достижения 63,2% разницы между старыми и новыми значениями после применения импульса, которое может вызвать изменение, является постоянной времени. Постоянная времени является мерой и представляет собой постоянную времени протекания реакции перехода. Относится ко времени, необходимому для снижения физической величины от максимального значения до $1 / e$ от максимального значения.

Конденсаторы не всегда заряжаются с той же скоростью. Он начинает заряжаться быстро, затем постепенно уменьшается и индекс становится более насыщенным.

Чтобы указать, что время, необходимое для зарядки конденсатора через резистор, достигает 63% от общего напряжения. Это также можно измерить, разрядив конденсатор на 34% от его общего напряжения.

Arduino будет запрограммирован, чтобы вычислить, сколько времени требуется для конденсатора, чтобы достичь 63% от общего заряда. Затем он будет использовать формулу $\tau = RC$ для вычисления значения емкости, поскольку известно значение резистора.

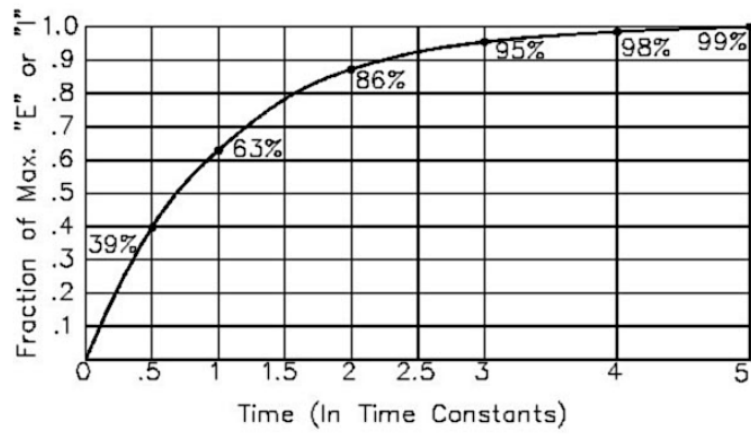


Рисунок 3 – Кривая зарядки конденсатора

2.2 Измерение емкости электрического конденсатора

2.2.1 Принципиальная схема

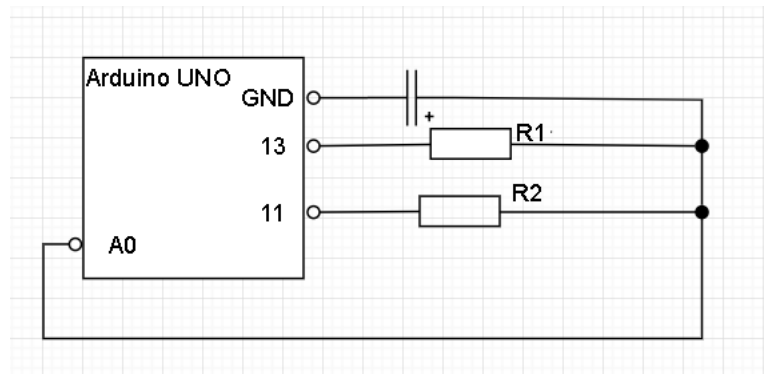


Рисунок 4 – Принципиальная схема

$$R_1 = 10 \text{ кОм}$$

$$R_2 = 220 \text{ Ом}$$

2.2.2 Схема эксперимента

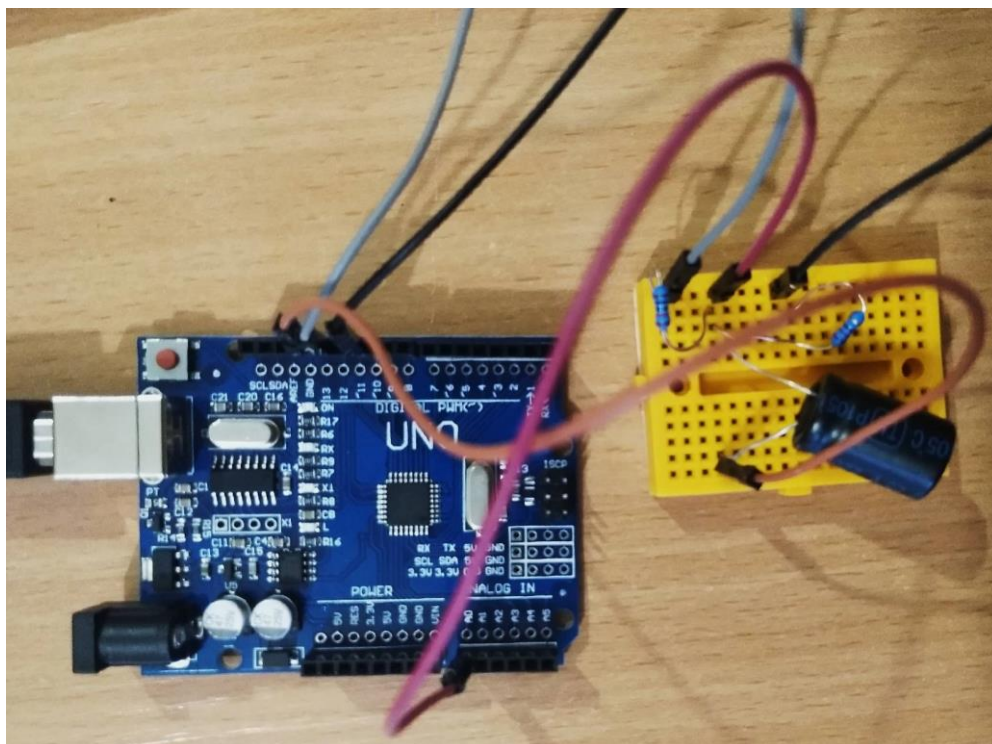


Рисунок 5 – Экспериментальная схема

2.2.3 Результат эксперимента

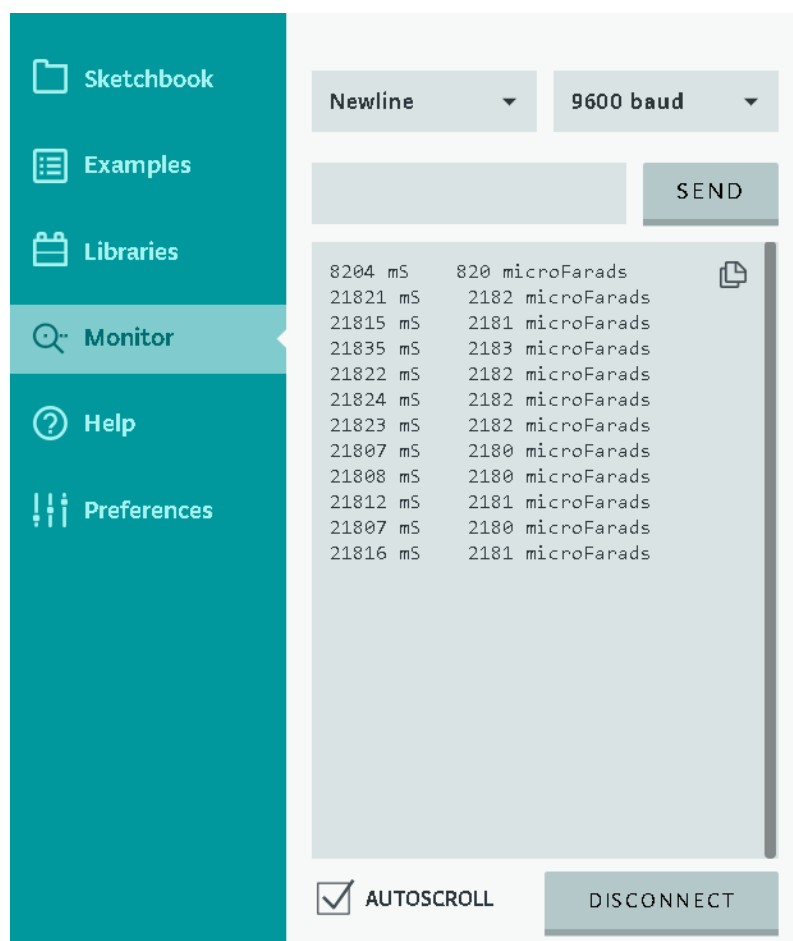


Рисунок 6 – Результат эксперимента на базе Arduino

2.3 Сравнение точности измерения

2.3.1 Экспериментальные данные

1. Достичь 39% от общего заряда

```
10704 mS      2140 microFarads
10718 mS      2143 microFarads
10714 mS      2142 microFarads
10714 mS      2142 microFarads
10719 mS      2143 microFarads
10727 mS      2145 microFarads
10730 mS      2146 microFarads
10718 mS      2143 microFarads
10713 mS      2142 microFarads
10719 mS      2143 microFarads
```

Рисунок 7 – Результат эксперимента на базе Arduino при конденсатор заряжен 39% от общего заряда

```
void loop(){
  digitalWrite(chargePin, HIGH);
  startTime = millis();

  while(analogRead(analogPin) < 399){
  }

  elapsedTime= millis() - startTime;
  microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 2000;
  Serial.print(elapsedTime);
  Serial.print(" mS ");
}
```

Рисунок 8 – Программа на базе Arduino при конденсатор 39% от общего заряда

2. Достичь 63% от общего заряда

```
21802 mS      2180 microFarads
21867 mS      2186 microFarads
21847 mS      2184 microFarads
21847 mS      2184 microFarads
21851 mS      2185 microFarads
21852 mS      2185 microFarads
21831 mS      2183 microFarads
21864 mS      2186 microFarads
21868 mS      2186 microFarads
21853 mS      2185 microFarads
```

Рисунок 9 – Результат эксперимента на базе Arduino при конденсатор

заряжен 63% от общего заряда

```
void loop(){  
  digitalWrite(chargePin, HIGH);  
  startTime = millis();  
  
  while(analogRead(analogPin) < 645){  
  }  
  
  elapsedTime= millis() - startTime;  
  microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 1000;  
  Serial.print(elapsedTime);  
  Serial.print(" mS    ");  
}
```

Рисунок 10 – Программа на базе Arduino при конденсатор 63% от
общего заряда

3. Достичь 86% от общего заряда

43669 mS	2183 microFarads
43671 mS	2183 microFarads
43658 mS	2182 microFarads
43613 mS	2180 microFarads
43691 mS	2184 microFarads
43655 mS	2182 microFarads
43700 mS	2185 microFarads
43668 mS	2183 microFarads
43677 mS	2183 microFarads
43670 mS	2183 microFarads

Рисунок 11 – Результат эксперимента на базе Arduino при конденсатор
заряжен 86% от общего заряда

```

void loop(){
  digitalWrite(chargePin, HIGH);
  startTime = millis();

  while(analogRead(analogPin) < 880){
  }

  elapsedTime= millis() - startTime;
  microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 500;
  Serial.print(elapsedTime);
  Serial.print(" mS   ");
}

```

Рисунок 12 – Программа на базе Arduino при конденсатор 86% от
общего заряда

4. Достичь 98% от общего заряда

90321 mS	2258 microFarads
90107 mS	2252 microFarads
90372 mS	2259 microFarads
89636 mS	2240 microFarads
89862 mS	2246 microFarads
89702 mS	2242 microFarads
89733 mS	2243 microFarads
89645 mS	2241 microFarads
89668 mS	2241 microFarads
89676 mS	2241 microFarads

Рисунок 13 – Результат эксперимента на базе Arduino при конденсатор
заряжен 98% от общего заряда

```

void loop(){
  digitalWrite(chargePin, HIGH);
  startTime = millis();

  while(analogRead(analogPin) < 1004){
  }

  elapsedTime= millis() - startTime;
  microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 250;
  Serial.print(elapsedTime);
  Serial.print(" mS   ");
}

```

Рисунок 14 – Программа на базе Arduino при конденсатор 98% от
общего заряда

5. Достичь 99% от общего заряда

106001 mS	2120 microFarads
106440 mS	2128 microFarads
105911 mS	2118 microFarads
105558 mS	2111 microFarads
105326 mS	2106 microFarads
105170 mS	2103 microFarads
105892 mS	2117 microFarads
105596 mS	2111 microFarads
106088 mS	2121 microFarads
105224 mS	2104 microFarads

Рисунок 15 – Результат эксперимента на базе Arduino при конденсатор заряжен 99% от общего заряда

```
void loop(){
  digitalWrite(chargePin, HIGH);
  startTime = millis();

  while(analogRead(analogPin) < 1014){
  }

  elapsedTime= millis() - startTime;
  microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 200;
  Serial.print(elapsedTime);
  Serial.print(" mS ");
}
```

Рисунок 16 – Программа на базе Arduino при конденсатор 99% от общего заряда

2.3.2 Рассчитать абсолютную ошибку изменения

таблица 1 – данные измерения

Процент зарядки конденсатора	39%	63%	86%	98%	99%
Экспериментальные данные	2140	2180	2183	2258	2120
	2143	2186	2183	2252	2128
	2142	2184	2182	2259	2118
	2142	2184	2180	2240	2111

Продолжение таблицы 1 – данные измерения

	2143	2185	2184	2246	2106
	2145	2185	2182	2242	2103
	2146	2183	2185	2243	2117
	2143	2186	2183	2241	2111
	2142	2186	2183	2241	2121
Относительная ошибка	2.73%	0.91%	0.77%	2.64%	3.64%
	2.59%	0.64%	0.77%	2.36%	3.27%
	2.64%	0.73%	0.82%	2.68%	3.73%
	2.64%	0.73%	0.91%	1.82%	4.05%
	2.59%	0.68%	0.73%	2.09%	4.27%
	2.50%	0.68%	0.82%	1.91%	4.41%
	2.45%	0.77%	0.68%	1.95%	3.77%
	2.59%	0.64%	0.77%	1.86%	4.05%
	2.64%	0.64%	0.77%	1.86%	3.59%
	2.59%	0.68%	0.77%	1.86%	4.36%
Средняя относительная ошибка	2.60%	0.71%	0.78%	2.10%	3.91%

2.4 Соединение LCD с конденсатором

2.4.1 Принципиальная схема

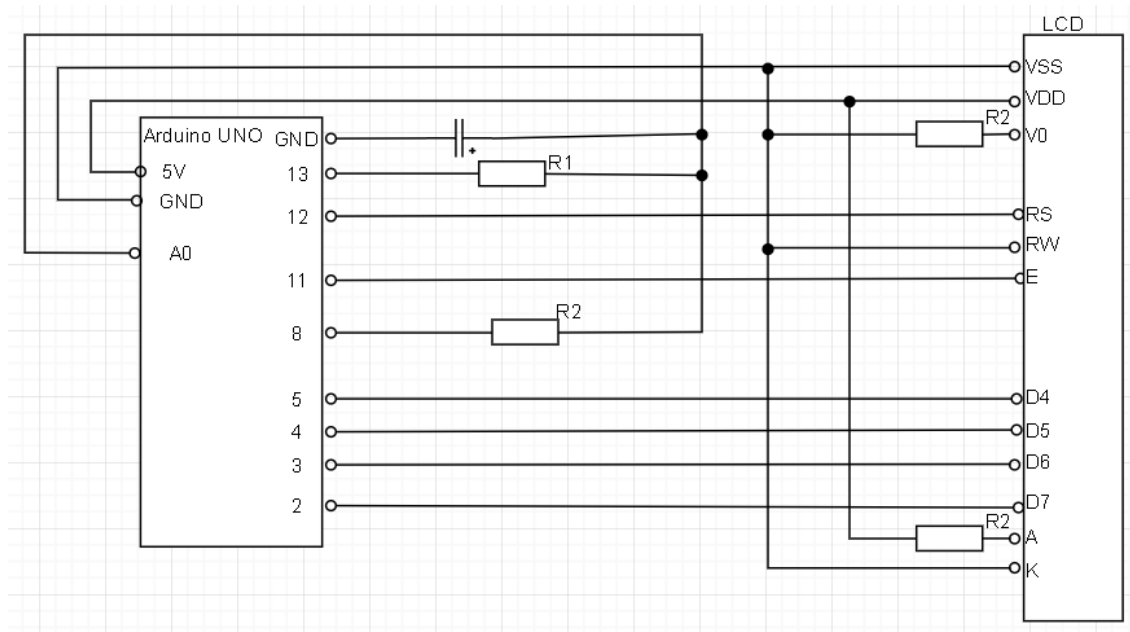


Рисунок 17 – Принципиальная схема

$$R_1 = 10\text{к}\Omega$$

$$R_2 = 220\Omega$$

2.4.2 Схема эксперимента

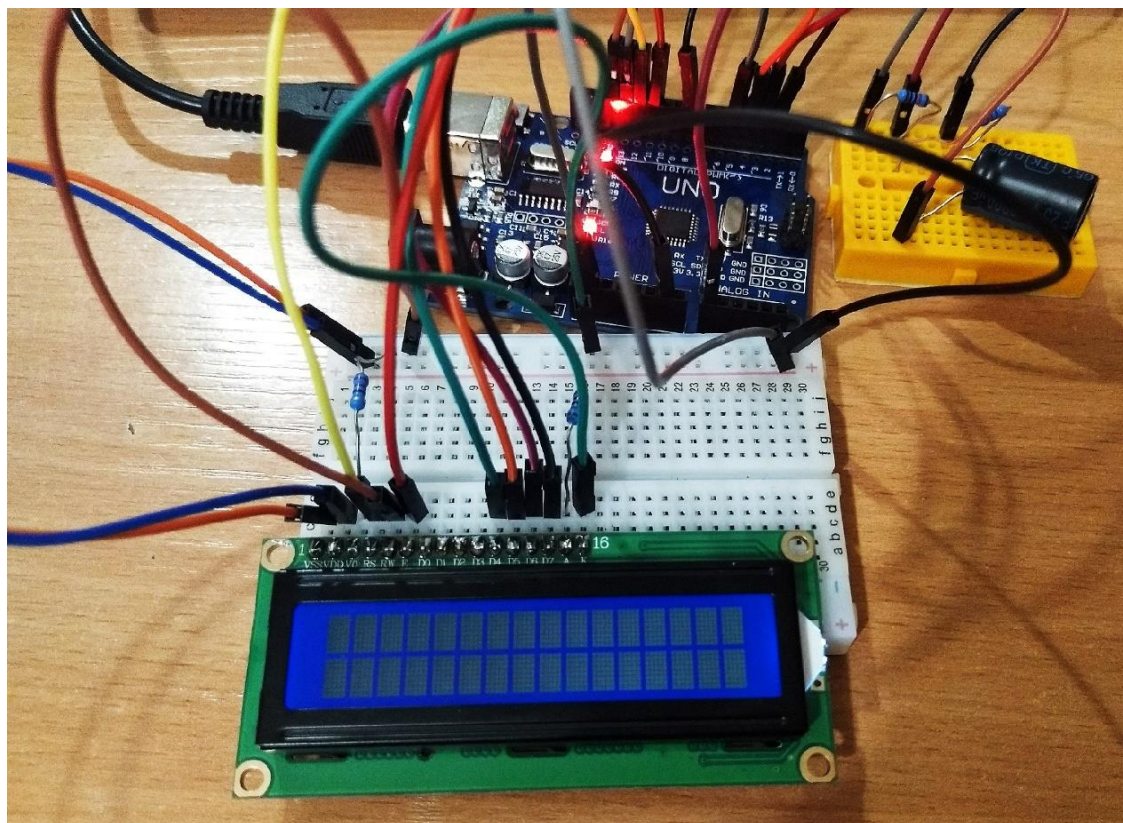


Рисунок 18 – Экспериментальная схема

2.4.2 Схема эксперимента

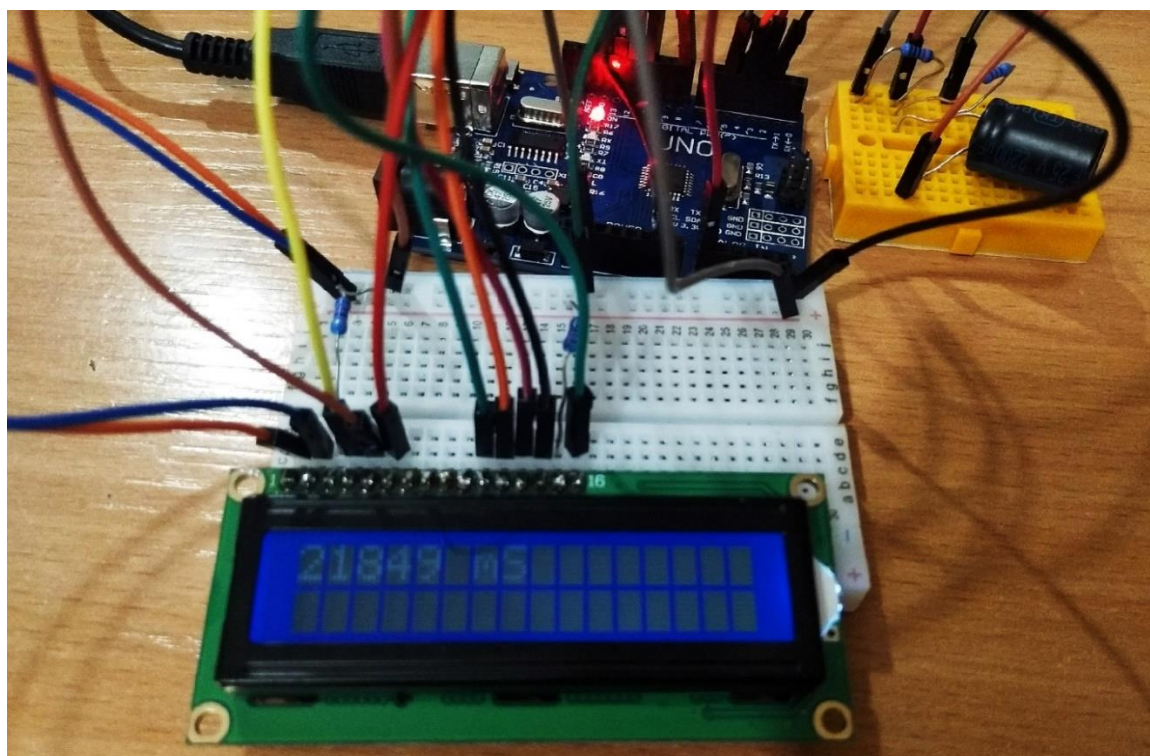


Рисунок 18 – Экспериментальная схема, показывающая время зарядки конденсатора

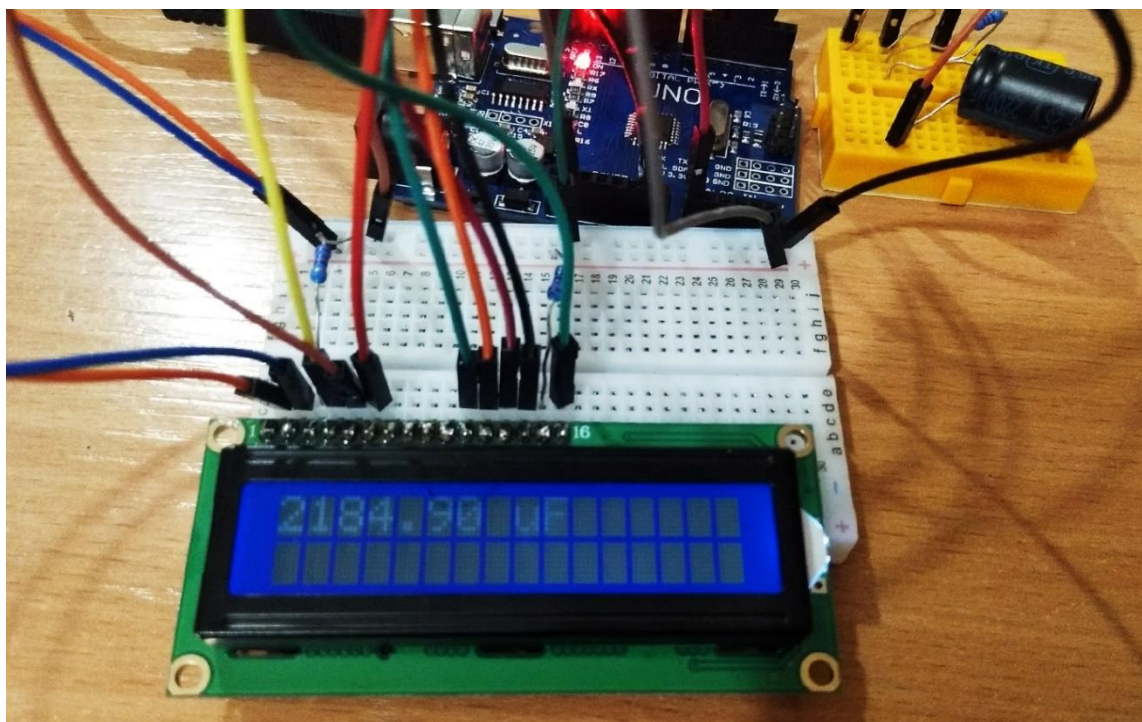


Рисунок 19 – Экспериментальная схема, показывающая емкость конденсатора

3 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение

3.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В таблице 2 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений, где Бк1 – LCD дисплея LCD1602, Бк2 – платы

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		БФ	БК1	БК2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений, где Бк1 – LCD дисплея LCD1602, Бк2 – платы

Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности системы	0,2	5	5	3	1	1	0,6
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Помехоустойчивость	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,2
4. Энергоэффективность	0,05	5	4	4	0,25	0,15	0,15
5. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,4	0,4
6. Уровень шума	0,025	1	1	1	0,025	0,025	0,025
7. Безопасность	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
8. Производительность	0,125	5	5	5	0,625	0,625	0,625
9. Простота эксплуатации	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
10. Возможность подключения к	0,01	5	5	4	0,05	0,05	0,04
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,055	5	4	3	0,275	0,220	0,165
2. Уровень конкурентоспособности	0,01	5	5	1	0,05	0,05	0,01
3. Цена	0,1	5	1	2	0,5	0,1	0,2

Продолжение таблицы 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений, где Бк1 – LCD дисплея LCD1602, Бк2 – платы

4.Предполагаемый срок службы	0,01	5	5	4	0,05	0,05	0,04
5.Сертификация готового продукта	0,025	4	5	1	0,1	0,125	0,075
Итого	1	70	63	50	4,875	4,245	3,59

Исходя из расчетов, сделанных выше, можно сделать вывод, что наша разработка имеет высокий уровень конкурентоспособности.

Позиции конкурентов особенно уязвимы в степени цены и экономичности.

3.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths(сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 3 – SWOT анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота изготовления;</p> <p>С2. Экологичность техноло - гии;</p> <p>С3. Наличие квалифицированных кадров у потенциальных потребителей;</p> <p>С3. Удобство в эксплуатации С4. Срок выхода на рынок;</p> <p>С5.Квалифицированный персонал разработчиков;</p> <p>С6. Наличие бюджетного финансирования;</p> <p>С7. Возможность использования инфраструктуры университета;</p> <p>С8. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей);</p> <p>С9. Наличие специального оборудования для проведения экспериментальных исследований.</p> <p>С10. Дешевизна используемого оборудования</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1.Низкий уровень прибыльности;</p> <p>Сл2.Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования;</p> <p>Сл3 Узкий профиль разработки;</p> <p>Сл4.Низкие маркетинговые навыки сотрудников;</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 3 – SWOT анализ

<p>Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения разработки на рынок; В3. Внедрение на новые рынки или сегменты рынка; В4. Расширение спектра применения разработки; В5. Быстрый рост рынка; В6. Хорошие связи с потребителями; В7. Государственная поддержка;</p>	<p>В процессе продвижения разработки на рынок может появиться дополнительный спрос на разработку. Кроме того, проект может внедриться в новые сегменты рынка. Данная разработка может быть усовершенствована и дополнена новыми функциональными возможностями что в свою очередь влияет на ширину спектра применения данной разработки.</p>	<p>Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, которые используются в данных исследованиях.</p>
--	---	---

3.3 Организация и планирование работ

Морфологический подход заключается в исследовании всех возможных вариантов, вытекающих из строения объекта исследования. Для этого построим морфологическую матрицу и скомбинируем всевозможные варианты и приведем в таблице 4.

Таблица 4 – Возможные альтернативы

	1
А. Тип контроллера	Arduino UNO
Б. Каналы интерфейсной связи	USB
В. Объем ОЗУ	2кБайта
Г. Максимальная скорость обмена данными	11,5кБит/с
Д. Количество входов/выходов	14
Е. Программирования	Язык С

Возможные варианты решения поставленной задачи с позиции решения ее функционального содержания и ресурсосбережения.

A1B1B1Г1Д1E1 – Arduino UNO; USB; 2 Кбайта; 11,5 Кбит/с; 14 входов/выходов; Язык С.

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1 Структура работ научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1 определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2 определение участников каждой работы;
- 3 установление продолжительности работ;
- 4 построение графика проведения экспериментальной и

исследовательской части работы.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошел научный руководитель и студент автоматизации и робототехники. Для всего составленного перечня этапов и работ было осуществлено распределение обязанностей участников проекта и оформлено в виде таблицы 5:

Таблица 5 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение задания на ВКР	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, студент
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель, студент
	6	Построение модели и проведение экспериментов	Научный руководитель, студент
Проектирование структуры ПО	8	Обсуждение литературы	Научный руководитель, студент
	9	Проверка функциональных возможностей оборудования	Научный руководитель, студент
	10	Подбор оборудования	Научный руководитель, студент
	11	Подбор оборудования	Научный руководитель, студент

Продолжение таблицы 5 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Оформление отчета но НИР (комплекта документации по ВКР)	12	Разработка	Научный руководитель
	13	принципиальной схемы	Научный руководитель
	14	структурной схемы	студент
	15	Монтаж рабочего стенда	Научный руководитель

3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Поскольку занятость всех участников научного исследования распределена таким образом, что трудоемкость выполнения работ каждого из них распределена неравномерно требуется составить значения трудоемкости выполняемых работ для каждого из участников. Для этого необходимо рассчитать длительность работ в рабочих и календарных днях для каждого исполнителя по формулам, приведенным далее:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5} \quad (3)$$

Где

$t_{ожi}$ -ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{минi}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{маxi}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{toji}{\text{Ч}i} \quad (4)$$

где

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$toji$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$\text{Ч}i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.5 Продолжительность этапов работ

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{kal} \quad (5)$$

Где

T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

k_{kal} – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{kal} = \frac{T_{kal}}{T_{kal} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (6)$$

Где

T_{kal} – календарные дни ($T_{kal} = 365$);

$T_{вых}$ – выходные дни ($T_{вых} = 52$);

$T_{пр}$ – праздничные дни ($T_{пр} = 12$).

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{kal} округляются до целого числа. График проведения научно-исследовательской работы приведен в приложении Б. В таблице 5 приведены временные показатели производственного календаря за период с февраля 2019 года по июнь 2019 года при пятидневной рабочей неделе. В расчетах учитывается, что в 2019 году 366 календарных дней, а коэффициент календарности составляет 2 с округлением.

Таблица 6 – Временные показатели производственного календаря

	февраль	март	апрель	май	июнь	итого
количество календарных дней	29	31	30	31	4	125
количество рабочих дней	20	21	21	19	3	84
количество выходных дней	9	10	9	12	1	41

3.6 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научного исследования представлен в виде диаграммы Ганта, на которой наглядно отображены временные отрезки проведенных работ.

Таблица 7 - График проведения научно-исследовательской работы

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_{Pi}		T_{K}	
					Руководитель	студент	Руководитель	студент
Составление и утверждение задания на ВКР	Руководитель	3	7	4,6	4,6	–	9,2	–
Выбор направления исследований	Руководитель, студент	2	5	3,2	1,0	0,6	2	1,2
Изучение и подбор материалов по теме исследования	Руководитель, студент	5	15	9	3,5	5,5	7	11
Разработка календарного плана	Руководитель, студент	2	4	2,8	1,0	2,1	2	4,2
Разработка принципиальной и структурной схемы	Руководитель, студент	5	15	9	6,5	8,2	13	16,4
Проведение теоретических расчетов	Руководитель, студент	12	15	13,2	4,3	11,2	8,6	22,4
Построение модели и проведение экспериментов	Руководитель, студент	4	9	6	4,3	5,7	8,6	11,4
Проектирование и изготовление рабочего стенда	Руководитель, студент	7	12	9	7,3	5,4	14,6	10,8
Обсуждение списка литературы	Руководитель, студент	2	6	3,6	1,0	2,8	2	5,6
Оформление расчетно - пояснительной записки	студент	10	19	13,6	-	13,6	-	27,2
Подведение итогов	Руководитель, студент	5	8	6,2	4,46	2,3	8,92	4,6
Итого:				80,2	37,96	57,4	75,92	114,8

Таблица 8 – Линейный график работы

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение задания на ВКР	Руководитель	9	■												
2	Выбор направления исследований	Руководитель, студент	2 2		■ ■											
3	Изучение и подбор материалов по теме исследования	Руководитель, студент	7 11		■ ■											
4	Разработка календарного плана	Руководитель, студент	2 4			■ ■										
5	Разработка принципиальной и структурной схемы	Руководитель, студент	13 16			■ ■										
6	Проведение теоретических расчетов	Руководитель, студент	8 22					■ ■								
7	Построение модели и проведение экспериментов	Руководитель, студент	8 11							■ ■						
8	Проектирование и изготовление рабочего стенда	Руководитель, студент	14 10								■ ■					
9	Обсуждение списка литературы	Руководитель, студент	27									■				
10	Оформление расчетно - пояснительной записки	студент	9 5											■ ■		

Научный руководитель –
Инженер –



3.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет выполнения научно-технических исследований как правило содержит перечень всех расходов, сгруппированных по следующим статьям:

Материальные затраты НТИ отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); основная заработная плата исполнителям

3.7.1 Расчет материальных затрат НТИ

В данном подразделе в виде таблицы отражена стоимость всех материалов, используемых при разработке системы управления, приведен в таблице 9. Для выполнения работы кафедрой были приобретены: плата Arduino UNO, LCD дисплея LCD1602, монтажная плата, комплект проводов.

Таблица 9 – Стоимость используемых материалов

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
		Исп.1	Исп.1	Исп.1
Плата Arduino UNO	шт	1	1790	1790
LCD дисплея LCD1602	шт	1	240	240
Комплект проводов	шт	1	480	480
Итого				2510

3.7.2 Амортизация компьютерной техники

Рассчитаем амортизацию компьютерной техники $K_{ам}$:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad (7)$$

Где

$T_{исп.кт}$ - время использования компьютерной техники;

$T_{\text{кал}}$ - календарное время (365 дней);

$C_{\text{кт}}$ -цена компьютерной техники;

$T_{\text{сл}}$ - срок службы компьютерной техники (3 лет).

Затраты и время работы компьютерной техники сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Стоимость и время работы компьютерного оборудования

Объект	Стоимость, руб.	Время использования, дней.
Компьютер	50000	100
Принтер	4000	5

Тогда амортизация составит

$$K_{\text{ам.компьютера}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{100}{365} \cdot 50000 \cdot \frac{1}{3} = 4566 \text{ руб};$$

$$K_{\text{ам.принтера}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{5}{365} \cdot 4000 \cdot \frac{1}{3} = 18 \text{ руб};$$

$$K_{\text{ам}} = K_{\text{ам.компьютера}} + K_{\text{ам.принтера}} = 4566 + 18 = 4584 \text{ руб.}$$

3.7.3 Расчет основной заработной платы исполнителей

В данном разделе рассчитывается заработная плата научного руководителя и студента на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. В соответствии с формулами, приведенными в методическом указании, расчет основной заработной платы приведен в таблице 11:

Таблица 11 - Основная заработная плата исполнителей работы

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
			Исп. 1		Исп. 1
Руководитель	22052	1241,11	37,9	1,3	12229,97
Студент	0	0	57,4		0
Итого					12229,97

3.7.4 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей

Таблица 12 – Дополнительная заработная плата исполнителей

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент дополнительной з/п	Фонд дополнительной з/платы, руб.
			Исп. 1		Исп. 1
Руководитель	22052	1241,11	37,9	0,5	4703,84
Студент	0	0	57,4		0
Итого					4703,84

3.7.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (8)$$

Где

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 28 %.

В таблице 13 представлены результаты по расчету отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
	Исп.1	Исп.1
Руководитель	12229,97	4703,84
Студент	0	0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,28	
Итого		
Исполнение I	14224,4004	

исследовательской работы

Таблица 14 – затрат научно-исследовательской работы

Статья затрат	Сумма, руб.
	Исп. 1
Материальные затраты НИИ	2510
Затраты на заработную плату	14224,4004
Амортизационные затраты	4584
Накладные расходы	28448,8008
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	4741,4668
Итого	54508,6678

3.8 Определение ресурсов, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задач

принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется

как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (9)$$

где

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (10)$$

где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 15.

Таблица 15 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5
3. Помехоустойчивость	0,15	5
4. Энергосбережение	0,20	4

Продолжение таблицы 15 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,15	4
ИТОГО	1	4,65

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,65$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта

Таблица 16 – Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.901
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65
3	Интегральный показатель эффективности	5.16

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность - это сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

В данной ВКР представлено разработку устройства измерения емкости электрических конденсаторов, который состоит из конденсатора, LCD 1602А, контроллер Arduino Uno. Рабочее место представляет собой место оператора и включает в себя рабочий стол и персональный компьютер с помощью которого производится управление и настройка технического оборудования.

В текущем разделе указаны основные вредные и опасные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них, аспекты охраны окружающей среды, защиты от чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

4.1 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов — не менее 1,2 м.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам и естественный свет падал преимущественно слева.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-

цифровых знаков и символов.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Для удобства считывания документов следует применять подвижные подставки (пюпитры), которые должны размещаться в одной плоскости и на одной высоте с экраном.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. При этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхности сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должны быть полумягкими, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 град. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

4.1.1 Особенность законодательного регулирования проектных решений

При реализации данного технологического решения, представленного в ВКР, был разработан комплекс мер по обеспечению безопасности труда при работе на данном объекте. При разработке данных мер были использованы следующие нормативные документы:

СанПиН 2.2.2542-96. « гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

ГОСТ Р 50949-96. « средства отображения информации индивидуального пользователя. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности»

ГОСТ Р 50948-96. « средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности»

СНиП 23-03-2003. «защита от шума»

ГОСТ 12.1/2.1.1.1278-03. « ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»

СанПиН 2.2.4.548 – 96. « Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

4.2 Производственная санитария

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003 – 2015 « опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, которые может создать объект исследования, представлен в виде таблицы 17:

Таблица 17 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо	Изгото	Эксплу	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. Требования к воздуху рабочей зоны устанавливаются ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны 2. Требования к микроклимату устанавливаются СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 3. Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. 4. Правила по шуму устанавливаются ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. 5. Предельно значение напряжения в электрической цепи устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
2. Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие недостаток естественного света	+	+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	

Рабочая зона данного объекта характеризуется следующими

вредными факторами:

- 1) шум;
- 2) электромагнитное излучение;

3) микроклимат;

4.2.2 Шум

Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Звук представляет собой волнообразно распространяющийся в упругой среде колебательный процесс в виде чередующихся волн сгущения и разряжения частиц этой среды - звуковые волны..

Повышенный уровень шума на рабочем месте оказывает влияние на работника, повышает его утомляемость, а в некоторых случаях может привести к потере слуха. [8] Уровень шума в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 не должен превышать 50дБА. [9]

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть техническими, архитектурно-планировочными, организационными и медико-профилактическими.

Технические средства борьбы с шумом:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- ослабление шума на путях передачи;
- непосредственная защита работающего или группы рабочих от воздействия шума.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные. Большое значение имеет снижение шума в источнике. Этого можно добиться усовершенствованием конструкции или схемы установки, производящей шум, изменением режима ее работы, оборудованием источника шума дополнительными звукоизолирующими устройствами или ограждениями, расположенными по возможности ближе к источнику (в пределах его ближнего поля). Одним из наиболее простых технических средств борьбы с шумом на путях передачи является звукоизолирующий кожух, который может закрывать отдельный шумный узел машины (например, коробку передач) или весь агрегат в целом. Кожухи из листового металла с

внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20-30 дБ. Увеличение звукоизоляции кожуха достигается за счет нанесения на его поверхность вибродемпфирующей мастики, обеспечивающей снижение уровней вибрации кожуха на резонансных частотах и быстрое затухание звуковых волн.

4.2.3 Электромагнитное излучение

При работе дисплея регистрируется рентгеновское, микроволновое, ультрафиолетовое, инфракрасное, излучения, низко- и ультранизкочастотное электромагнитное поле. Персональный компьютер содержит в себе два источника излучения: монитор и системный блок.

Электромагнитное излучение — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

Среди электромагнитных полей вообще, порождённых электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

Электромагнитные волны подразделяется на:

- Радиоволны (начиная со сверхдлинных);
- Видимый свет;
- ИК излучение;
- Терагерцовое излучение;
- УФ излучение;
- Рентгеновское излучение;
- Гамма - излучение.

Электромагнитное излучение имеет способность распространяться практически во всех средах. В вакууме электромагнитное излучение распространяется без затуханий на неограниченно большие расстояния, но зачастую достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом, но несколько изменяя своё поведение.

В данной выпускной квалификационной работе настройка параметров регулятора и мониторинг текущего состояния процесса регулирования уровня осуществляется с помощью персонального компьютера с установленным необходимым программным обеспечением. Таким образом, работа на данном объекте подразумевает использование компьютера, а соответственно и наличие такого вредного фактора., как электромагнитное излучение.

Длительная работа с ЭВМ приводит к снижению уровня внимания и восприятия, ухудшению обработки информации оператором, утомлению и мигрени, возникновению депрессии. Интенсивная продолжительная работа а компьютере может быть причиной профессиональных забивании из-за повторяющихся нагрузок, а также из-за высокого расположения клавиатуры, неправильной высоты кресла, положения кистей рук во время работы или высокого положения поверхности стола. Все это проводит к возникновению болезней нервов, мышечных тканей и сухожилий, таких как ущемление медиального нерва. Хронические боли в шей ном в поясничном отделе позвоночника в силу неизменной рабочей зоны. Электромагнитные излучения ухудшают работу сосудов головного мозга, что называет ослабление остроты зрения и памяти. Наблюдается также рост заболеваний ЦНС в 4,5 раза чаще, ем у работающих на других производствах, сердечно- сосудистой - в 2,1 раза, верхних дыхательных путей - в 4,1 раза, желудочаавно-кишечного тракта - в 2, опорно-двигательной системы - в 3 раза. Также доказано, что работа кровеносных сосудов головного мозга ослабляется на 8% за 2 часа непрерывной работы и на 20% -за 4часа, сосудов глаз - соответственно на 16 и 43%. Необходимо отметить, что все нормы рассчитаны для здоровых людей, а если у человека имеет определённые патологические отклонения, то степень поражения резко возрастает.

4.2.4 Микроклимат

К мероприятиям по регулированию микроклимата в помещении относятся: организация вентиляции, отопления и кондиционирования помещения. Вентиляция может осуществляться естественным или

механическим путем, в аудитории имеется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основным недостатком такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Также подобная вентиляция создает сквозняки, что негативно сказывается на работниках. [10]

Указанные параметры оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его здоровье и самочувствие. При определенных значениях данных параметров, человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению эффективности и производительности труда, предупреждению ОРЗ и ОРВИ. Неблагоприятные значения микроклиматических параметров могут стать причиной снижения показателей производства, привести к таким заболеваниям как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям персонала, санитарными нормами установлены оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха (СанПиН 2.2.4.548-96).

Оптимальные микроклиматические условия - сочетание параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и состоит предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия - сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения

функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, на выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные ощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях должны соответствовать величинам, приведенным в табл.18

Таблица 18 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

период года	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения, воздуха м/с		
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более		
		Верхняя	Нижняя					По ст.	По ст.
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Темный	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

4.3 Анализ опасных факторов

4.3.1 Электробезопасность

Согласно ГОСТ 12.1.009, под термином электробезопасность понимается система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

К области критериев электробезопасности относятся термины, характеризующие опасные и безопасные токи. Ощутимый ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения; пороговый ощутимый ток – это наименьшее значение

ощутимого тока. Неотпускающий ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник; пороговый неотпускающий ток – это наименьшее значение неотпускающего тока. Фибрилляционный ток – это электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца; пороговый фибрилляционный ток – это наименьшее значение фибрилляционного тока.

4.3.2 Региональная безопасность

В результате анализа реализации предлагаемых в данной ВКР конструкторских и технологических инноваций, источников загрязнения окружающей среды не выявлено. Объект не содержит элементов содержащих токсические вещества, не производит выбросов в атмосферу, а составные части системы не требуют специальной утилизации или обработки по истечению срока службы.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном случае на объекте (офис) могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) следующего характера:

- короткое замыкание;
- пожара;

Для того чтобы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

Чтобы увеличить устойчивость офисного помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения, установка огнетушителей, обеспечить офис и проинструктировать рабочих о плане эвакуации из офиса, а также назначить ответственных за эти мероприятия. Два раза в год (в летний и зимний период)

проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре. В ходе осмотра офисного помещения были выявлены системы, сигнализирующие о наличии пожара или задымленности помещения и наличие огнетушителей.

Основными мерами для предотвращения пожаров являются соблюдение всех стандартов по проектированию и строительству зданий и сооружений, своевременный ремонт и проверка электрооборудования, а также соблюдение правил пожарной безопасности.[11]

На рабочем месте используются только порошковые огнетушители, предназначенные для ликвидации пожаров в жилых, промышленных, складских и административных помещениях.[12]

Заключение

В результате выполнения разработки устройства измерения емкости электрических конденсаторов на базе Arduino UNO. В процессе проектирования проведено моделирование процесса заряда электрических конденсаторов, разработан алгоритм измерения их электрической емкости, а также создан работающий прототип устройства.

При выполнении ВКР решены следующие задачи:

- разработана и реализована электрическая схема и принципиальная схема на базе микроконтроллера Arduino;
- разработанные на основе программы опробованы на модели;
- соедините LCD с конденсатором и отобразите результаты измерений на LCD.

Conclusion

As a result of the development of the device for measuring the capacitance of electric capacitors based on Arduino UNO. In the design process, a simulation of the charge process of electric capacitors was carried out, an algorithm was developed for measuring their electrical capacitance, and a working prototype of the device was created.

When performing WRC, the following tasks were solved:

- an electrical circuit and a schematic circuit based on an Arduino microcontroller were developed and implemented;
- developed on the basis of the program tested on the model;
- connect the LCD to the capacitor and display the measurement results on the LCD.

Список используемых источников

1. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – БХВ-Петербург, 2014.
2. Arduino UNO. [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://arduino.ua/ru/hardware/Uno> свободный. – Загл. с экрана.
3. Arduino UNO. [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/продукты:arduino-uno> свободный. – Загл. с экрана.
4. LCD 1602A. [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://robotchip.ru/obzor-lcd-displeya-1602a> свободный. – Загл. с экрана.
5. ГОСТ Р 53267-2009: Техника пожарная. Карабин пожарный. Общие технические требования. Методы испытаний
6. Назаров Н. Г. Метрология. Основные понятия и математические модели. М.: Высшая школа, 2002.
7. Терминология: постоянное время цепи RC. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.lcard.ru/lexicon/rc_const свободный. – Загл. с экрана.
8. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ – «Шум. Общие требования безопасности труда»
9. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки»
10. СанПиН 2.2.4.548-96. – «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы»
11. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»
12. ГОСТ Р 51057-2001 – «Техника пожарная. Огнетушители переносные

Приложение А

Листинг программы для измерения емкости электрического конденсатора

```
#define analogPin    0
#define chargePin    13
#define dischargePin 11
#define resistorValue 10000.0F

unsigned long startTime;
unsigned long elapsedTime;
float microFarads;
float nanoFarads;

void setup()
{
    pinMode(chargePin, OUTPUT);
    digitalWrite(chargePin, LOW);

    Serial.begin(9600);
}

void loop(){
    digitalWrite(chargePin, HIGH);
    startTime = millis();

    while(analogRead(analogPin) < 645){
    }

    elapsedTime= millis() - startTime;
```

```

microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 1000;
Serial.print(elapsedTime);
Serial.print(" mS   ");

if (microFarads > 1){
  Serial.print((long)microFarads);
  Serial.println(" microFarads");
}
else
{
  nanoFarads = microFarads * 1000.0;
  Serial.print((long)nanoFarads);
  Serial.println(" nanoFarads");
}

digitalWrite(chargePin, LOW);
pinMode(dischargePin, OUTPUT);
digitalWrite(dischargePin, LOW);
while(analogRead(analogPin) > 0){
}

pinMode(dischargePin, INPUT);
}

```

Приложение Б

Листинг программы для измерения емкости электрического конденсатора и отображения результата на LCD

```
#define analogPin    0
#define chargePin    13
#define dischargePin  8
#define resistorValue 10000.0F
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

unsigned long startTime;
unsigned long elapsedTime;
float microFarads;
float nanoFarads;

void setup(){
    pinMode(chargePin, OUTPUT);
    digitalWrite(chargePin, LOW);
    lcd.begin(16, 2);
}

void loop(){
    digitalWrite(chargePin, HIGH);
    startTime = millis();
    while(analogRead(analogPin) < 645){
    }

    elapsedTime= millis() - startTime;
```

```

microFarads = ((float)elapsedTime / resistorValue) * 1000;
lcd.print(elapsedTime);
lcd.print(" mS");
delay(2000);
lcd.clear();
delay(500);

if (microFarads > 1){
  lcd.print(microFarads);
  lcd.print(" uF");
  delay(2000);
}

else{
  nanoFarads = microFarads * 1000.0;
  lcd.print(nanoFarads);
  lcd.print(" nF");
  delay(2000);
}

lcd.clear();
digitalWrite(chargePin, LOW);
pinMode(dischargePin, OUTPUT);
digitalWrite(dischargePin, LOW);
while(analogRead(analogPin) > 0){
}

pinMode(dischargePin, INPUT);
}

```