

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки: 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка программного обеспечения и отдельных модулей для головной системы прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений

УДК 004.415.2:004.422.833:628.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8Б	Сапегин Арсений Антонович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева Ольга Сергеевна	Кандидат технических наук		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Генеральный директор ООО «ТерраФарм»	Мелешенко Павел Алексеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	Кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко Ирина Валериевна	Кандидат технических наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности

ОПК(У)-3	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил
ОПК(У)-5	Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения в области информационных систем и технологий
ОПК(У)-7	Способен осуществлять выбор платформ и инструментальных программно-аппаратных средств для реализации информационных систем
ОПК(У)-8	Способен применять математические модели, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем
ПК(У)-1	Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение
ПК(У)-2	Способен выполнять работы, связанные со сбором, обработкой и подготовкой картографической информации
ПК(У)-3	Способен выполнять анализ и интерпретацию данных ДЗЗ
ПК(У)-4	Способен выполнять работы и управление работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы
ПК(У)-5	Способен разрабатывать графический дизайн интерфейса
ПК(У)-6	Способен разрабатывать базы данных ИС
ПК(У)-7	Способность обеспечивать безопасность информации в автоматизированных системах

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки: 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
 Руководитель ООП
 _____ И.В.Цапко
 «__» _____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8И8Б	Сапегин Арсений Антонович

Тема работы:

Разработка программного обеспечения и отдельных модулей для головной системы прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.04.2022 № 105-29/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Целью работы является разработка программного обеспечения и отдельных аппаратных модулей для головной системы прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение устройств и программируемых модулей для устройства. 2. Анализ технологий по отслеживанию состояния растения. 3. Подготовка оборудования для отслеживания состояния растения. 4. Создание программы для отслеживания состояния растения. 5. Конструирование модулей с учетом правил эксплуатации. 6. Выбор стека технологий для программной реализации требуемого ПО. 7. Проектирование архитектуры головной системы. 8. Реализация программного обеспечения с учетом интегрирования модулей. 9. Тестирование оборудования.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аппаратная структура оборудования 2. UML-диаграмма

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Все разделы должны быть написаны на русском языке

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева Ольга Сергеевна	Кандидат технических наук		
Генеральный директор ООО «ТерраФарм»	Мелешенко Павел Алексеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8Б	Сапегин Арсений Антонович		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки: 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
 Уровень образования: бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ): Отделение информационных технологий
 Период выполнения: весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.04.22	Разработка проектных решений	40
23.05.22	Программная реализация	35
1.06.22	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
6.06.22	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Токарева О.С.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Генеральный директор ООО «ТерраФарм»	Мелешенко Павел Алексеевич			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко И.В.	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8И8Б	Сапегин Арсений Антонович

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет – 484 067руб. Материальные затраты – 146984 руб. Затраты на заработную плату – 270 315 руб. Накладные расходы – 66768 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налог во внебюджетные фонды 30%; Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT – анализ,
2. <i>Формирование плана и бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4.1 Интегральный показатель эффективности – 4.19 Сравнительная эффективность проекта – 0.87

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НТИ
2. Матрица SWOT
3. График разработки
4. Бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.04.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		25.04.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8Б	Сапегин Арсений Антонович		25.04.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
8И8Б		Сапегин Арсений Антонович	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Разработка программного обеспечения и отдельных модулей для головной системы прототипа научноисследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p>Объект исследования – программное обеспечение для прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования</p> <p>Область применения – исследования факторов, влияющих на рост растения</p> <p>Рабочая зона: аудитория в университете</p> <p>Размеры помещения: 5*6 м</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: ПК, микроконтроллер, одноплатный компьютер</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся на рабочем месте: разработка программного обеспечения для прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования, установка электронных компонентов, тестирование прототипа лабораторного оборудования</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения.</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс РФ от 25.02.2002</p> <p>Рабочее место при выполнении работ сидя регулируется ГОСТом 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда»</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Повышенный уровень шума на рабочем месте; • Отклонения показателей микроклимата рабочей зоны • Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; • Монотонность труда, вызывающая монотонию; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей

	<p>электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: отопление, кондиционирование воздуха, беруши, наушники, очки, защитные заземления, знаки безопасности, предохранительные устройства, перчатки</p>
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на литосферу путём неправильной утилизации использованного оборудования.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
	25.04.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8Б	Сапегин Арсений Антонович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 76 с., 10 рис., 21 таблица, 19 источников, 4 прил.

Ключевые слова: вегетационный индекс, состояние растения, манипулятор, оборудование, программное обеспечение.

Цель работы – разработка программного обеспечения и отдельных модулей для головной системы прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений.

В работе проведен анализ предметной области, связанной с анализом здоровья растения. На основе проведенного анализа были разработаны модули головной системы прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений. Разработано программное обеспечение для управления устройствами, входящими в состав головной системы.

Степень внедрения: находится в опытной эксплуатации в организации ООО «ТерраФарм» (г. Томск).

Экономическая эффективность/значимость работы: разработка является экономически выгодной.

Определения и сокращения

Каретка – узел механизма, передвигающийся по направляющим

ШД – шаговый двигатель

Драйвер шагового двигателя – электронное устройство, позволяющее с помощью управляемого переключения тока в обмотках двигателя добиться точного позиционирования вала ШД

А – ампер (единица измерения силы электрического тока)

Номинальный ток – максимальный ток, который допускается при соблюдении условий нагрева токопроводящих частей и изоляции, при поступлении которого оборудование сможет работать неограниченный срок.

Вегетационный индекс – показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными каналами и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка

ИК, NIR – инфракрасный

RGB – цветовое пространство для экранов

HMI – человеко-машинный интерфейс (интерфейс между вычислительной машиной и оператором)

В – вольт

Реле – электромагнитное коммутационное устройство, предназначенное для установки и разрыва соединений в электрических цепях

Переменная – математический объект, который занимает некоторое множество значений и в его пределах может изменять своё значение.

Оглавление

Введение.....	14
1 Анализ предметной области	16
1.1 Описание прототипа лабораторного оборудования	16
1.2 Вегетационные индексы.....	17
2 Разработка проектных решений.....	19
2.1 Проектные решения для функционирования манипулятора.....	19
2.2 Проектные решения по разработке модуля оценки здоровья растения.....	21
2.3 Проектные решения по измерению высоты растения	26
2.4 Проектные решения для интеграции модулей в систему	27
3 Программная реализация.....	30
3.1 Используемое программное обеспечение	30
3.2 Программная реализация взаимодействия дисплея с микроконтроллером	31
3.3 Программная реализация вывода на экран информации от системы.....	32
3.4 Программная реализация управления электронными компонентами	33
3.5 Программная реализация работы с камерами.....	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	37
4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	42
4.3 Планирование научно-исследовательских работ	43

4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	55
5.	Социальная ответственность.....	58
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	59
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	59
5.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	60
5.2	Производственная безопасность	61
5.2.1	Повышенный уровень шума на рабочем месте	62
5.2.2	Отклонения показателей микроклимата рабочей зоны	62
5.2.3	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	63
5.2.4	Монотонность труда, вызывающая монотонию	64
5.2.5	Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	64
5.3	Экологическая безопасность.....	65
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	66
5.5	Вывод по разделу	67
	Заключение	68
	Список использованных источников	69
	Приложение А	71
	Приложение Б	72
	Приложение В.....	74
	Приложение Г	76

Введение

На предприятии ООО «ТерраФарм» был изготовлен прототип оборудования по созданию различных климатических условий для растений, компоненты которого не были запрограммированы.

Объединение работы всех систем в одну позволяет полностью независимо от человека воспроизвести жизненный цикл растения в различных климатических условиях, параметры которых задаются заранее пользователем. Подобное оборудование необходимо для университетов и лабораторий для проведения экспериментов, помогающих изучать влияния различных условий на состояние растений.

Актуальность проекта для заказчика заключается в необходимости модернизации прототипа оборудования путем внедрения системы, которая могла бы фиксировать данные по состоянию растения (рост, здоровье) без участия человека. Также была необходима модернизация некоторых имеющихся аппаратных модулей головной части оборудования. Для программируемых модулей необходимо создание программного обеспечения (ПО).

Целью работы является разработка программного обеспечения и отдельных модулей для головной системы прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение устройств и программируемых модулей для устройства.
2. Анализ технологий по отслеживанию состояния растения.
3. Подготовка оборудования для отслеживания состояния растения.
4. Создание программы для отслеживания состояния растения.

5. Конструирование модулей с учетом правил эксплуатации.
6. Изучение стека технологий для программной реализации требуемого ПО.
7. Проектирование архитектуры головной системы.
8. Реализация программного обеспечения с учетом интегрирования модулей.

В первой главе представлено описание предметной области, связанной с анализом состояния растения.

Во второй главе описывается процесс проектирования модулей для головной системы оборудования.

В третьей главе представлены результаты реализации программного обеспечения для модулей оборудования.

Четвертая глава посвящена вопросам финансового менеджмента, оценке ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В пятой главе рассмотрены вопросы социальной ответственности.

Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021666465 «Вычисление вегетационного индекса для лабораторного образца растения», что отражено в приложении А.

1 Анализ предметной области

1.1 Описание прототипа лабораторного оборудования

Прототип лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений, изготовленный ООО «ТерраФарм», представляет собой устройство, в котором в совокупности работают 7 систем по уходу за растением, а именно:

1. Система контроля искусственной атмосферы.
2. Система контроля влажности почвы.
3. Система контроля влажности воздуха.
4. Система контроля освещенности.
5. Система контроля температуры.
6. Система контроля давления атмосферы.
7. Система оценивания состояния растения.

Объединение работы всех систем в одну позволяет полностью независимо от человека воспроизвести жизненный цикл растения в различных климатических условиях, параметры которых задаются заранее пользователем.

Подобное оборудование необходимо для университетов и лабораторий для проведения экспериментов, помогающих изучать влияния различных условий на состояние растений.

Для оборудования необходима система, которая могла бы фиксировать данные по состоянию растения (рост, здоровье) без участия человека.

Оборудование представляет собой камеру, внутри которой на нижней грани имеются отсеки под горшки с растениями. Прототип представлен на рисунке 1.

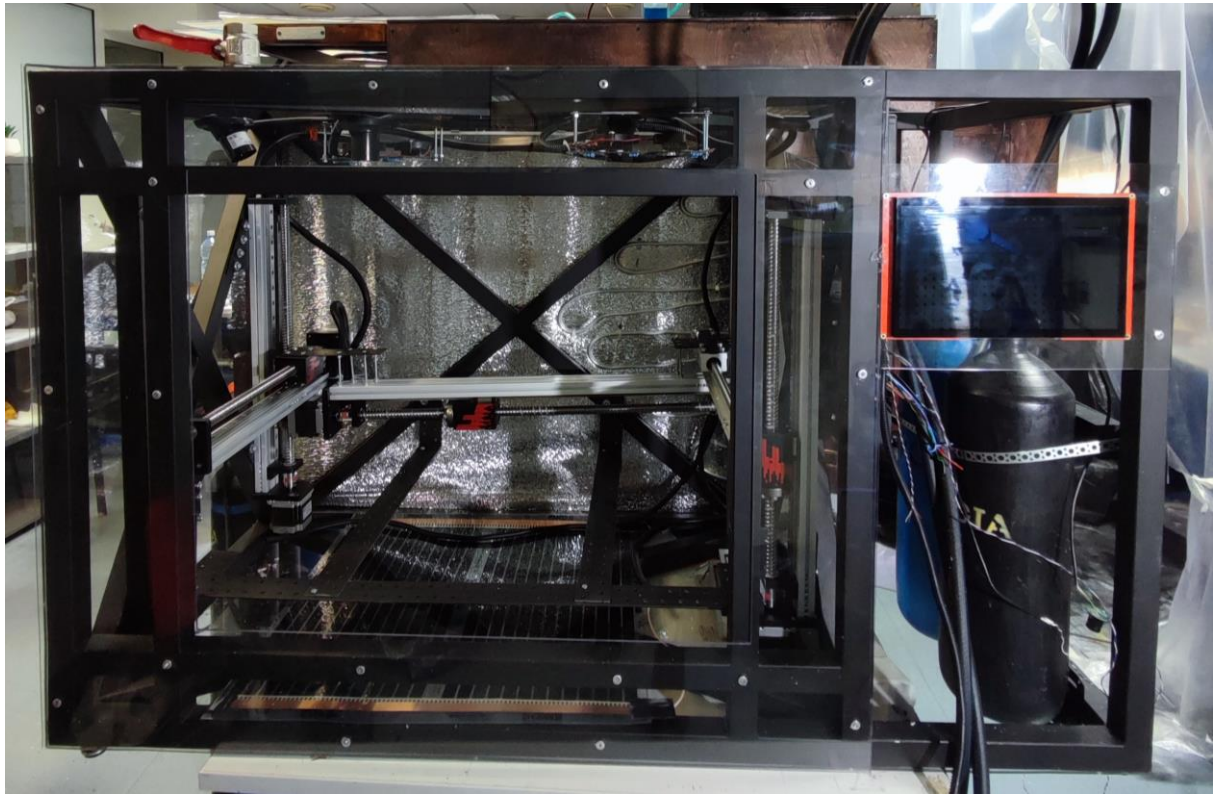


Рисунок 1 – Прототип лабораторного оборудования

Для автоматического ухода за растениями оборудованию необходим манипулятор. Так как одной из основных задач является производства оборудования минимальной себестоимости, та часть конструкции, что отвечает за отслеживание состояния растения, должна быть представлена в одном экземпляре, но по причине необходимости точечного подхода к каждому растению, система по отслеживанию состояния растения должна быть интегрирована в оборудование посредством установки на каретку манипулятора.

1.2 Вегетационные индексы

Для оценки состояния здоровья растения широко используются вегетационные индексы, описанные ниже.

NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный вегетационный индекс. Характеризует

плотность растительности и позволяет аграриям оценить всхожесть, рост, наличие сорняков или болезней[1]. Вычисляется NDVI по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red},$$

где NIR – спектральная яркость в ближнем ИК-диапазоне длин волн, Red – спектральная яркость в красном диапазоне длин волн.

EVI (англ. Enhanced Vegetation Index) – усовершенствованный вегетационный индекс[1]. Вычисляется по формуле:

$$EVI = 2.5 * \frac{NIR - Red}{NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1},$$

где NIR – спектральная яркость в ближнем ИК-диапазоне длин волн, Red – спектральная яркость в красном диапазоне длин волн, Blue – спектральная яркость в синем диапазоне длин волн.

GNDVI (англ. Green Normalized Difference Vegetation Index) – зеленый нормализованный относительный вегетационный индекс. Похож на NDVI за исключением того, что вместо значений отражательной способности в красном диапазоне используются значения в зеленом[1]. Вычисляется по формуле:

$$GNDVI = \frac{NIR - Green}{NIR + Green},$$

где NIR – спектральная яркость в ближнем ИК-диапазоне длин волн, Green – спектральная яркость в зеленом диапазоне длин волн.

CVI (англ. Chlorophyll Vegetation Index) – вегетационный индекс хлорофилла. Имеет повышенную чувствительность к содержанию хлорофилла в листовом покрове[1]. Вычисляется по формуле:

$$CVI = \frac{NIR}{Green} * \frac{Red}{Green},$$

где NIR – спектральная яркость в ближнем ИК-диапазоне длин волн, Red – спектральная яркость в красном диапазоне длин волн, Green – спектральная яркость в зеленом диапазоне длин волн.

2 Разработка проектных решений

2.1 Проектные решения для функционирования манипулятора

Манипулятор реализован следующим образом: вертикальное перемещение (z) производится посредством двух направляющих (реек) и двух червячных направляющих, основанных на двигателе пета с вертикальной “тележкой”. Вертикальная полезная нагрузка на одну тележку составляет 15 кг. Горизонтальное перемещение обеспечивает одна направляющая рейка и червячная направляющая (y); перемещение по оси (x) обеспечивает червячная направляющая, расположенная на горизонтальной направляющей (рейке) и червячной направляющей оси (y). Горизонтальная полезная нагрузка составляет 26 кг. Размеры манипулятора, включая неподвижные части, составляют (820*1020*700 мм), сама главная каретка способна перемещаться по осям (Z:X;Y) размер поля составляет (690:600:780 мм). Конструкция манипулятора представлена на рисунке 2.

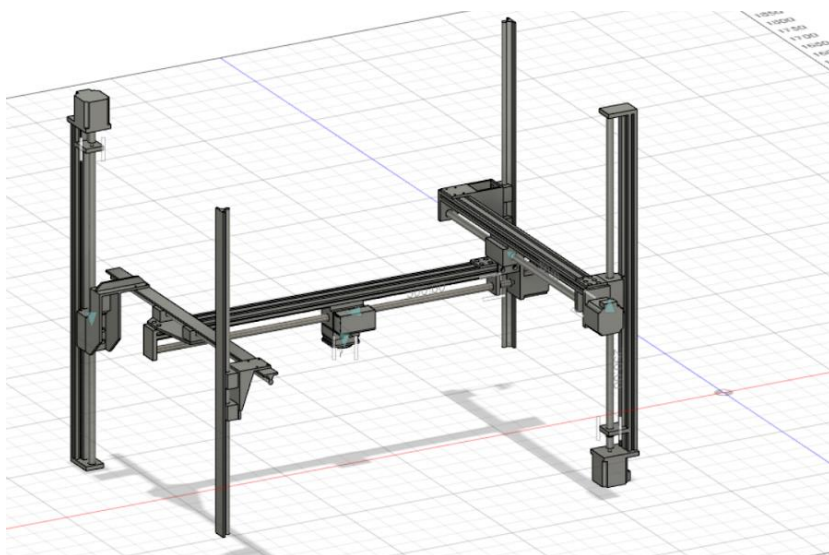


Рисунок 2 – Конструкция манипулятора

Управление шаговым двигателем осуществляется посредством подключения его к драйверу и подаче на его контакты напряжения 5 В. Для запуска шагового двигателя (ШД) изначально предполагалось использовать модель драйвера А4988 ввиду его ранней эксплуатации на предприятии.

Однако при этом не учитывался переход на новую модель ШД нета. Для корректной работы ШД по документации требует ток 2 А.

Модель А4988 является одной из самых распространенных для управления ШД, отвечает требованиям компактности, номинальный ток составляет 2.2 А. В ходе запуска драйвер сильно нагревался. При первых запусках ШД производил несколько шагов в одну сторону и резко менял направление. Такого рода смена направления случалась каждые полсекунды. При длительной работе ШД по итогу переставал вращаться и лишь вибрировал. Предположительно драйвер не выдерживал нагрузку и перегорал. Предположение было построено на том, что замена драйвера на драйвер той же модели возвращала ситуацию к первоначальному состоянию. После нескольких неудовлетворительных попыток запуска ШД было принято решение увеличить напряжение для питания двигателя, а в случае успеха озаботиться о дополнительном охлаждении драйвера. Данный подход не дал ожидаемых результатов, приведя только к сокращению времени перегрева драйвера.

Было решено опробовать драйверы, с большим значением максимально тока.

Модель L298N имеет номинальный ток 3 А. Первый запуск был произведен с удовлетворительными результатами: двигатель производил движение в конкретную заданную сторону, но издавал слишком сильный шум. Однако при длительной эксплуатации драйвер нагрелся выше необходимой температуры, что привело к ситуации аналогичной первому запуску модели А4988.

Модель ТВ6600 имеет номинальный ток 4,5 А и не подходила по требованиям компактности. Его использование изначально предполагалось экономически нецелесообразным, так как драйвер имеет избыточный функционал и избыточный диапазон выдаваемого тока. Однако первый и последующие запуски ШД были успешными, ввиду чего было принято

решение об его использовании. При этом было выдвинуто условие о запуске двух двигателей, отвечающих за вертикальную ось, через 1 драйвер.

Так как манипулятор имеет высокую нагрузку, параллельное подключение двух ШД для перемещения по оси Z является нерелевантным ввиду неравномерного распределения тока, что привело к перекосу рейки и невозможности ее подъема. Тем самым было предпринято решение о подключении двигателей последовательно. На рисунке 3 показана схема подключения шаговых двигателей.

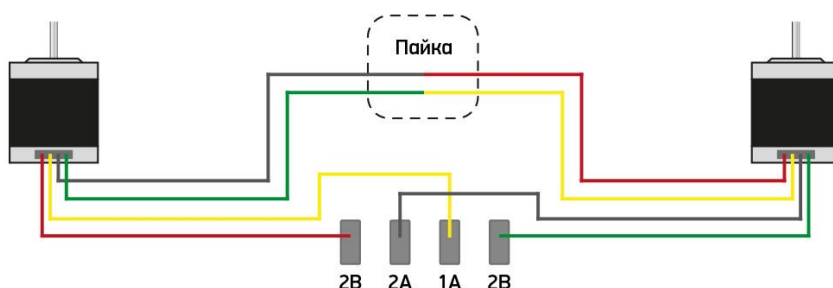


Рисунок 3 – Схема подключения шаговых двигателей для оси Z

2.2 Проектные решения по разработке модуля оценки здоровья растения

Модуль оценки здоровья необходимо установить на каретку манипулятора для фокусировки на каждом растении. Для формирования условной оценки было решено использовать вегетационные индексы. Основная проблема использования индекса обозначена тем, что для вычисления различных вегетационных индексов необходим канал ближнего инфракрасного спектра.

В ходе изучения принципа работы многоспектральных камер и камер в целом стало ясно, что практически любая матрица в камере улавливает спектр гораздо шире видимого. Но на всех объективах для камер установлен фильтр, пропускающий только видимый спектр.

Тем самым для поставленной задачи может подойти практически любая камера. Так как камера фиксирует свет ближнего ИК-спектра и видимого одновременно возникает задача в разделении каналов.

Значение спектральной яркости в ближнем ИК-диапазоне длин волн можно зафиксировать при помощи изображений с двух камер: с удаленным ИК-фильтром и без модификации. Для этого необходимо вычесть из значения красного канала пикселей изображения с камеры без модификации значение красного канала соответствующих пикселей изображения с камеры без ИК-фильтра [3].

Главное преимущество данного подхода заключается в том, что в отличие от первого варианта нет необходимости дополнительно модифицировать одну из камер помимо удаления ИК-фильтра.

Также существует подход, при котором можно использовать только одну камеру для анализа. Его суть заключается в использовании двухдиапазонного фильтра. Фильтр пропускает два диапазона: ближний инфракрасный и один из цветов. В случае использования этого пути, необходимо учитывать невозможность использования красного фильтра, так как именно на красный канал полученного изображения и приходится регистрация света инфракрасного спектра. Также существует необходимость аппроксимации функции, по которой будет вычисляться вегетационный индекс.

По итогу для реализации получения значения NIR канала были выбраны подходы с вычитанием палитр и использованием двух камер, а также с использованием одной камеры и двухдиапазонного фильтра. Чтобы реализовать второй вариант, был приобретен фильтр ZB2 BG3, чьи пропускные характеристики приведены на рисунке 4.

Использование фильтра накладывает определенные ограничения в виде невозможности использования некоторых вегетационных индексов из-

за недоступности двух цветовых каналов. Из-за подобного рода ограничений было решено протестировать оба подхода.

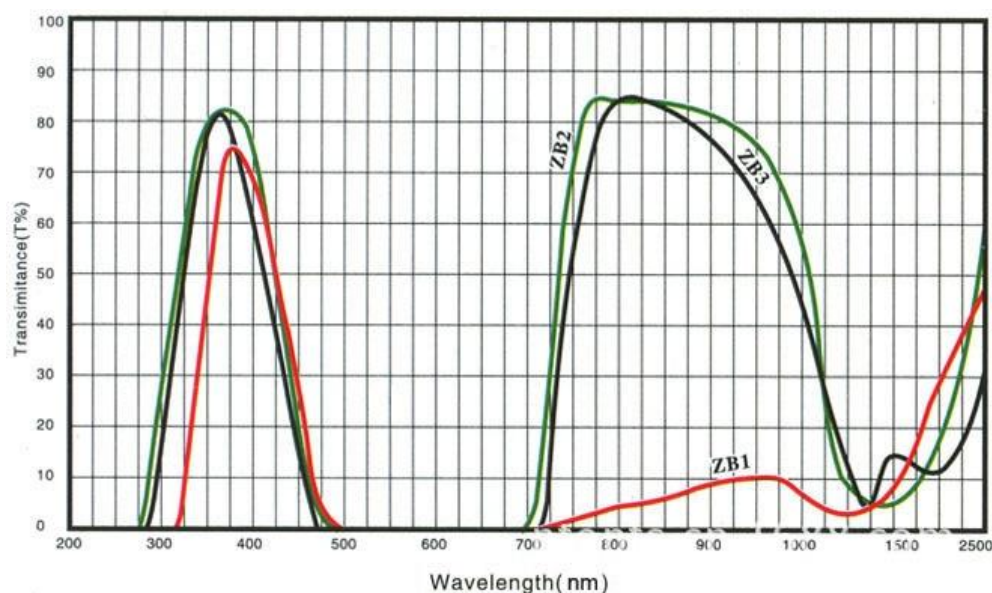


Рисунок 4 – Характеристика двухдиапазонного фильтра

В рамках подхода с использованием двух камер были рассмотрены четыре вегетационных индекса: NDVI, EVI, GNDVI, CVI. Изображения, полученные для данного анализа, представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Фото растений в палитрах RGB+NIR (сверху) и RGB (снизу)

Так как для анализа фотографий используется микрокомпьютер Raspberry Pi, было решено реализовывать программу на языке Python, библиотеки и инструменты для работы с которым предустановлены в операционной системе компьютера. Итоговым решением для реализации обработки изображения стало использование комбинации библиотек Pygame

(для захвата изображений) и Pillow (для анализа изображений) ввиду невозможности загрузки библиотеки OpenCV на устройство.

На рисунке 6 представлены результаты обработки изображения для разных индексов.

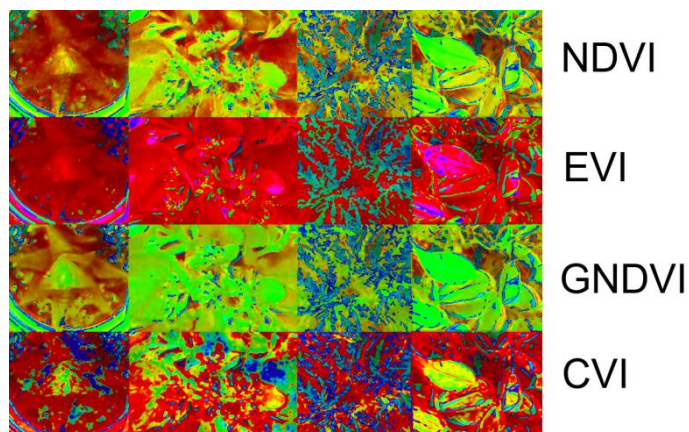


Рисунок 6 – Результаты работы программы по вычислению индексов

Из всех вариантов наилучшим оказался NDVI, т.к. именно при его применении результаты анализа наиболее контрастны между собой.

При интеграции камер в каретку манипулятора возникает проблема из-за разности ракурсов растений, что не позволяет точно сопоставить пиксели изображений. Тем самым после интеграции модуля оценки здоровья в манипулятор, система вынуждена следовать следующему алгоритму:

1. Манипулятор останавливается над растением.
2. Первая камера делает снимок растения.
3. Манипулятор отъезжает на то расстояние равное расстоянию между камерами на каретке.
4. Вторая камера делает снимок.
5. Вычисляется NIR канал.
6. Попиксельно вычисляется NDVI.
7. На основе полученных значений вычисляется среднее значение NDVI для всего растения.

Как упоминалось ранее, для применения подхода с использованием одной камеры и двухдиапазонного фильтра необходима аппроксимация

функций нахождения индексов, поскольку имеющийся фильтр специально нацелен на синие и ближние ИК-длины волн. В случае одиночной камеры вегетационный индекс с этим конкретным фильтром синий канал камеры измеряет поглощение света растительностью, а его красный канал используется для измерения отраженного инфракрасного. При этом синий канал также измеряет некоторый NIR-свет, поэтому для этого требуется коррекция[4]. Зная это, можно получить приближение к уравнению NDVI:

$$NDVI_{Approx} = \frac{R' - (B' - R')}{R' + (B' - R')}$$

где R' – информация, регистрируемая красным каналом камеры, B' – это информация, регистрируемая синим каналом камеры.

По такому же принципу было изменено уравнение для EVI. Остальные индексы невозможно преобразовать, так как необходим зеленый канал. На рисунке 7 показаны результаты обработки изображений на основе новых формул.

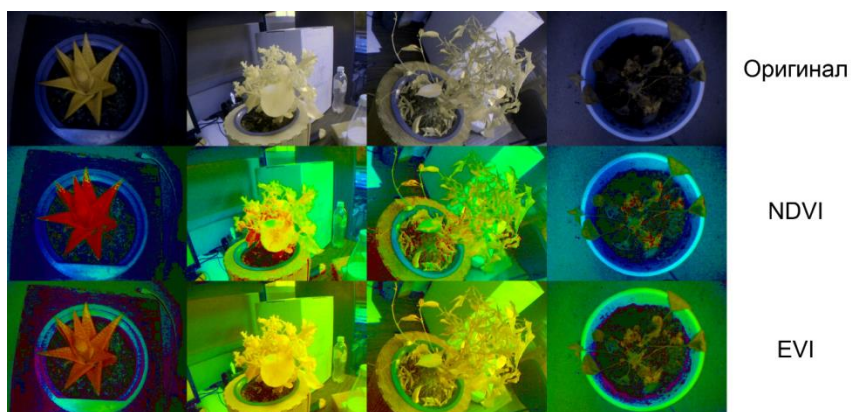


Рисунок 7 – Анализ изображения с камеры с используемым фильтром

Изображения при использовании NDVI, как и в случае с двумя камерами, являются более контрастными. При этом фоновые предметы также имеют высокие показатели EVI. Подразумевается, что при составлении общей оценки растения берутся индексы выше середины диапазона оценок. Для вычисления общей оценки берется медиана значений всех NDVI выше 0 и ниже 1.

2.3 Проектные решения по измерению высоты растения

Было рассмотрено три варианта подхода к измерению роста:

1. С использованием ультразвукового датчика расстояния.
2. С использованием инфракрасного датчика расстояния.
3. С использованием стерео зрения.

В основу принципа действия любого ультразвукового датчика заложено явление отражения акустических волн, распространяющихся в воздухе. Но скорость распространения звука в воздухе зависит от свойств этого самого воздуха. Датчик же, испуская волны и замеряя время до их возврата, не догадывается, в какой именно среде они будут распространяться и берет для расчетов некоторую среднюю величину. В реальных условиях из-за фактора температуры воздуха может ошибаться от 1 до 3-5 см. Также для повышения точности надо правильно направить датчик: сделать так, чтобы предмет был в рамках конуса диаграммы направленности[5].

Большое количество факторов, влияющих на работу датчика, а также невозможность реагирования на мелкие предметы вынуждает отказаться от его использования.

Модуль ИК-датчика содержит инфракрасный передатчик (ИК-диод) излучающий свет в прямом направлении и приемник (фотодиод), который измеряет отраженное ИК-излучение. Если отраженный свет достигает определенного порога, на выходе появляется положительный импульс. Также, количество отраженного излучения зависит от цвета поверхности, от которой оно отражается[6]. При проверке датчика было выявлено, что он нормально реагирует на почву. При этом датчик улавливает даже мелкие предметы/

Готовые модули по работе со стереозрением предоставлены в библиотеке Python OpenCV. Как упоминалось ранее, установка данной библиотеки на текущий момент невозможна, а написание необходимой программы самостоятельно занимает длительное время. Помимо этого, при

анализе результатов, которые может предоставить работа модуля, был сделан вывод о том, что модуль не может предоставить четкий рельеф анализируемой сцены.

Тем самым, затраты на реализацию стереозрения несоизмеримы с возможным результатом и наиболее выгодным подходом является выбор инфракрасного датчика.

ИК-датчик расстояния работает по принципу отправки на микроконтроллер нуля либо единицы: при отсутствии препятствия и при его наличии. Сам датчик настроен таким образом, что он срабатывает при наличии объекта на расстоянии около трех сантиметров. Так как при использовании оборудования подразумевается калибровка манипулятора пользователем, система осведомлена о высоте камеры, что позволяет реализовать следующий алгоритм:

1. Манипулятор подъезжает к краю горшка (угол квадрата, в котором вписана окружность горшка).
2. С большой скоростью манипулятор движется по оси X туда-обратно на расстояние, равное диаметру горшка.
3. С чуть меньшей скоростью манипулятор движется по оси Y туда-обратно на расстояние, равное диаметру горшка.
4. С еще меньшей скоростью манипулятор спускается вниз до тех пор, пока не получит сигнал с датчика либо пока не достигнет минимально возможной высоты.
5. Высота, на которой остановился манипулятор, за вычетом трех сантиметров считается высотой растения.

2.4 Проектные решения для интеграции модулей в систему

Система представляет собой связку программируемых устройств: сенсорного дисплея Nextion NX1060P101-011C-I (далее «дисплей»), одноплатного компьютера Raspberry Pi 4 Model B (далее «микрокомпьютер»)

и микроконтроллера Arduino Mega 2560 на базе микропроцессора ATmega2560 (далее «микроконтроллер»). Более подробное устройство системы отражено на рисунке 8.



Рисунок 8 – Аппаратная структура оборудования

Задача микроконтроллера состоит в сборе, структурировании и отправке информации на дисплей, полученной с датчиков, или сформированной на основе взаимодействия с драйверами запуска шаговых двигателей. Также микроконтроллер непосредственно взаимодействует с подключенными к нему компонентами, такими как модули реле или других компонентов, работающих от 5 В, отвечая за их запуск или выключение.

Также микроконтроллер принимает команды с дисплея или считывает параметры, указанные пользователем

Микрокомпьютер необходим как запоминающее устройство, а также для обработки изображения с камеры. В своей сути микроконтроллер представляет собой как отдельный модуль, с которым взаимодействует микроконтроллер.

Данная схема подключения оптимальна, т.к. для определения необходимости запуска компонентов необходима информация, которая задается пользователем на дисплее, поэтому микроконтроллеру требуется непосредственная связь с дисплеем. Ранее рассматривался вариант, при котором дисплей должен быть подключен к микрокомпьютеру, который давал команды микроконтроллеру на исполнение команд, что снимало с последнего нагрузку в виде необходимости сравнения показателей и самостоятельного принятия решений. Данный вариант был отклонен ввиду разности рабочего напряжения логики устройств, что приводило к перебоям сигнала между компьютером и дисплеем.

3 Программная реализация

3.1 Используемое программное обеспечение

Выбор программного обеспечения обусловлен его исключительностью для программирования устройств. Перечень программного обеспечения (ПО), языков и библиотек, необходимых для реализации ПО для всех программируемых модулей:

- Язык программирования микроконтроллера: Arduino. Является единственным языком, которым программируется микроконтроллер.
- Библиотека для работы с прерываниями: GyverTimers.h. Необходима для того, чтобы функции по направлению двигателей и прием сигналов с дисплея выполнялись без задержек.
- Библиотека для работы с драйверами ШД: GyverStepper2.h.
- Библиотека для работы с датчиком давления: Adafruit_BMP280.h.
- Библиотека для работы с датчиком температуры и влажности: iarduino_DHT-master.
- Библиотека для реализации работы микроконтроллера с дисплеем: nextion-master. Библиотека для связи дисплея с микроконтроллером, которая меньше остальных нагружает оперативную память устройства.
- ПО для программирования дисплея: Nextion Editor.
- Язык программирования микрокомпьютера Raspberry Pi: Python.
- Библиотека для захвата изображения: Pygame.
- Библиотека для обработки изображения: Pillow.
- Библиотека для сохранения данных: Numpy.
- Библиотека для связи с микроконтроллером: Serial.

3.2 Программная реализация взаимодействия дисплея с микроконтроллером

Устройство Nextion является сенсорным HMI-дисплеем, т.е. нуждается в непосредственном программировании. Данные дисплея не рассчитаны на вывод информации с другого устройства, и интерфейс для них необходимо составлять через специальную среду Nextion Editor. Разработанный интерфейс дисплея представлен в приложении Б.

Для более оперативного взаимодействия дисплея с микрокомпьютером при нажатии пользователем кнопки была предпринята следующая схема взаимодействия:

1. На стороне дисплея создаются элементы глобальной целочисленной переменной (далее «командная переменная») и таймера.

2. Переменная по умолчанию имеет значение 0. При нажатии пользователем на кнопку, функционал которой подразумевает физическое взаимодействие с системой (управление манипулятором, инициализация/остановка инкубационного периода, запись информации на внешний носитель, запрос на вывод изображения с камеры), переменная принимает значение, соответствующее условной нумерации кнопки.

3. Координата X изображения о блокировке интерфейса принимает значение 0, тем самым ограничивая пользователю доступ к интерфейсу.

4. Таймер срабатывает каждые 50 микросекунд и обрабатывает значение переменной. При значении 0 дисплей не предпринимает никаких действий. Иначе дисплей отправляет значение этой переменной на микрокомпьютер.

5. Приняв значение переменной, микрокомпьютер отправляет команду на присваивание переменной на стороне дисплея значения 0, изображение блокировки смещается за пределы видимости. Уже в зависимости принятого значения микрокомпьютер предпринимает необходимые действия.

Тем самым при неудачной транзакции данных дисплей будет продолжать их отправку, пока не получит ответную команду с микрокомпьютера. Рисунок 9 иллюстрирует данный принцип в виде программного кода.

```

if(main.vbutton.val==0)
{
    main.tload.x=1024
    main.sendtime.val=0
}
else
{
    main.terror.x=1024
    main.sendtime.val++
    main.tload.x=0
    get main.vbutton.val
}

if(Serial1.available())
{
    unsigned int value = 0;
    uint8_t temp[8] = {0};
    if (sizeof(temp) == Serial1.readBytes((char *)temp, sizeof(temp))) {
        if((temp[0]==(0x71)) && (temp[5]==0xFF) && (temp[6]==0xFF) && (temp[7]==0xFF)) {
            value = (temp[4] << 24) | (temp[3] << 16) | (temp[2] << 8) | (temp[1]);
            myNextion.setComponentValue("vbutton", 0);
        }
    }
}

```

Рисунок 9 – Обработка команд с дисплея

Переменная value принимает значение, которое пришло со стороны интерфейса. Если значение value входит в допустимый интервал (меньше 50 и больше 0), переменная data принимает значение value. Это необходимо на случай, если значение с дисплея придет в искаженном виде, что сопровождается, как правило, сверхбольшими значениями.

За обработку значения data отвечает оператор switch, в котором прописываются функции, которые необходимо выполнить системе. По окончании выполнения необходимых действий data обнуляется.

3.3 Программная реализация вывода на экран информации от системы

Интерфейсу системы необходимо выводить актуальную информацию по состоянию системы в виде некоторых числовых значений и графиков. Таким образом, каждую секунду необходимо обновлять значения девяти элементов: давления, температуры, влажности воздуха и влажности почвы в нескольких горшках.

Для непосредственного взаимодействия микроконтроллера и дисплея используется библиотека nextion-master.

Основной стек функций библиотеки nextion-master:

- `setComponentValue` – задать значение компоненту интерфейса.
- `getComponentValue` – получить значение компонента интерфейса.

Функция `getComponentValue` используется для запроса значений условий климата, заданных пользователем. Полученные значения заносятся в массив на стороне микроконтроллера. Запрос происходит при соответствующем значении `data`.

Функция `setComponentValue` необходима для обнуления командной переменной на стороне дисплея, а также для вывода значений с датчиков. Для вывода этих значений функция `setComponentValue` вызывается с использованием оператора `switch`. На стороне микроконтроллера создается переменная `valueindex` с изначальным нулевым значением. Посредством оператор `switch` в зависимости от значения `valueindex` принимает решение о том, какое конкретно значение с датчика необходимо отправить на интерфейс. После этого `valueindex` увеличивается на единицу, при превышении определенного значения `valueindex` обнуляется. Этот подход позволяет отправлять одно значение датчиков за одну итерацию, чтобы не прерывать работу системы.

Дополнительно во внутреннем файле библиотеки была прописана функция `com` для отправки любой текстовой команды, составленной пользователем. Данная функция необходима для взаимодействия одноплатного компьютера с дисплеем. В случае, если со стороны микрокомпьютера приходит команда, не помеченная в начале специальным символом '\$', посредством функции `com` эта команда отправляется сразу на дисплей.

3.4 Программная реализация управления электронными компонентами

Для регулировки микроклимата в камере предусмотрены электронные компонентные, приводящиеся в рабочее состояние путем подачи тока. Для

этого компоненты подсоединены к источнику питания через реле. Контакты реле в свою очередь подсоединены к микроконтроллеру. Посредством команды `digitalWrite(номер_пина, LOW)` на контакт реле подается ток, что приводит к замыканию цепи и включению устройства. Команда `digitalWrite(номер_пина, HIGH)` в свою очередь прерывает подачу тока на контакт реле. Микроконтроллер принимает решения об исполнении той или иной команды посредством сравнения показаний датчика и пользовательских параметров, а также проверяет значение переменной `sw`, отвечающей за идентификацию активации рабочего режима системы. Более подробно с функциями для активации устройств можно ознакомиться в приложении В.

Для управления манипулятором используется библиотека `GyverStepper2.h`. Основными командами в этой библиотеке являются функции `SetTarget` для обозначения количества шагов, которые необходимо совершить двигателю, а также `brake` для его остановки. Ниже представлен фрагмент программного кода, устанавливающего манипулятор над горшком под номером 1.

```
case 97:
```

```
    digitalWrite(enPinX,1);stepperX.setTarget(x1, ABSOLUTE);  
    digitalWrite(enPinY,1);stepperY.setTarget(0, ABSOLUTE);  
    stepperZ.brake();digitalWrite(enPinZ,1);  
    if (stepperX.ready()&&stepperY.ready()) {  
        stepperX.brake();digitalWrite(enPinX,0);  
        stepperY.brake();digitalWrite(enPinY,0);  
        stepperZ.brake();digitalWrite(enPinZ,1);}  
    break;
```

При этом двигатель осуществляет вращение только при регулярном вызове функции `tick`. Так как во время одной итерации выполняется большое количество операций, функцию `tick` для корректной работы необходимо вызывать регулярно. Для этого используется библиотека `GyverTimers.h` для

работы с прерываниями. Благодаря ей функции `tick` вызываются при прерывании процесса выполнения всей программы с частотой 5000 Гц.

Полив, оценка здоровья и замер роста растения производится в рамках, так называемого обхода: процедура, выполняемая раз в час, при которой манипулятор проезжает над каждым горшком и взаимодействует с ним. Более подробно процесс обхода описан в виде диаграммы взаимодействия в приложении Г.

3.5 Программная реализация работы с камерами

Система оснащена двумя камерами: одна необходима для произведения анализа (оснащена двухдиапазонным фильтром), другая – для съемки изображения для пользователя (без модификаций).

Для фиксирования изображения используется функция `get_image()` библиотеки `Pygame`. Далее изображение обрабатывается с помощью библиотеки `Pillow`. Для формирования оценки здоровья происходит взаимодействие с каждым пикселем изображения. При помощи функции `getpixel((i,j))`, где `i,j` – это номера пикселей, берутся значения каналов для каждого пикселя. В случае, если значение синего канала равно нулю оценка для этого пикселя также становится нулевой, в противном случае – происходит ее вычисление. Ниже данная последовательность показана в виде кода:

```
red=im.getpixel((i,j))[0]
blue=im.getpixel((i,j))[2]
if(blue==0):
    ndvi=0
else:
    ndvi=(2*red-blue)/blue
```

После вычисления оценки ее значение заносится в массив при условии, что оценка оказалась в пределах от нуля до единицы. После обхода всего изображения данный массив сортируется и в качестве итогового значения оценки берется значение из середины отсортированного массива.

Вывод изображения с камеры без модификаций производится по запросу пользователя путем нажатия на ячейку соответствующего горшка на карте горшков. В случае, если манипулятор не совершает никаких действий, каретка подъезжает к соответствующему растению и производит снимок, который сохраняется в памяти микрокомпьютера. Следом на месте нажатой ячейки появляется изображение. Основная сложность реализации данного алгоритма заключается в том, что скомпилированная программа для дисплея не имеет функции для загрузки нового изображения на экран. Любые изображения загружаются сначала в редактор, и только после компилируется программа, которая загружается на дисплей. Решением является использование команды для отрисовки прямоугольника заданного цвета. Алгоритм базируется на попиксельном выводе изображения через команду отрисовки прямоугольника.

При получении изображения, через команду `resize` выполняется масштабирование изображения. Далее идет попиксельный обход изображения. Через функцию `getpixel((i,j))` берутся значения каналов пикселя для вычисления, через которые вычисляется значение кода цвета на дисплее. Данное значение записывается в переменную `color`. Далее формируется строка по шаблону «`fill i j 2 2 color`», где `i,j` – это номера пикселей, `color` – значение переменной `color`. Данная строка посредством функции `write` библиотеки `serial` отправляется на микроконтроллер, где ее передают без изменения на дисплей.

По итогу разработки программного обеспечения оборудование было протестировано на работоспособность путем его эксплуатации в течение нескольких суток и находится в опытной эксплуатации в ООО «ТерраФарм».

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке программного обеспечения и отдельных модулей для головной системы прототипа научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений.

Подобное оборудование необходимо для университетов и лабораторий для проведения экспериментов, помогающих изучать влияния различных условий на состояние растений.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведение детального анализа конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Подобный анализ помогает вовремя вносить изменения в исследование, чтобы иметь возможность эффективно существовать на рынке.

Для проведения анализа была использована информация о разработке на примере учебно-исследовательского комплекса «ANRO EXPERT» лаборатория (К1) и Агро-инженерного комплекса от компании «Новация» (К2). Первая установка оснащена вмонтированной системой обеспечения микроклимата, состоящей из независимых функциональных элементов: освещение, полив, датчики температуры и влажности воздуха. Управление этими элементами возможно как в ручном, так и в автоматическом программируемом режиме. Встроенные датчики в заданное время фиксируют

состояние системы, в зависимости от показаний происходит программное включение или отключение элементов поддержания микроклимата[7]. Вторая установка представляет собой шкаф с отсеками для выращивания растений. Контрольные экземпляры отделяются от тех, что участвуют в опытах. Питательный раствор подается через форсунки и трубки насоса. Для насыщения смеси кислородом предусмотрен аэратор. Водяной туман от распылителя подается в камеру вентилятором. Есть контроллер с часами и дисплеем на 4 строки по 20 символов. Пользователь вводит время искусственного заката и рассвета, выбирает спектр освещения (глубокий красный, красный, синий или ультрафиолет), задает периодичность работы насоса, компрессора[8].

Сравнение техникой и экономических характеристик данных продуктов с разрабатываемым решением представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
2. Функциональные возможности	0,25	5	3	3	1,25	0,75	0,75
3. Качество интеллектуального интерфейса	0,2	4	3	2	0,8	0,6	0,4
4. Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
5. Стоимость производства	0,15	3	5	3	0,45	0,75	0,45
6. Уровень проникновения на рынок	0,1	2	2	2	0,2	0,2	0,2
Итого:	1	22	22	18	3,9	3,7	3

Анализ конкурентных решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из оценочной карты сравнений можно сделать выводы что разрабатываемая система имеет преимущества:

удобство в эксплуатации;

функциональные возможности;

надежность;

качество интеллектуального интерфейса

Недостатками системы являются:

стоимость производства;

уровень проникновения на рынок.

Исходя из анализа, можно сделать вывод о наличии преимуществ перед конкурентами в виде более широко функционала в совокупности с удобством у эксплуатации при наличии приемлемой стоимости.

4.1.3 SWOT-анализ

Успешность проекта зависит от того, насколько он устойчив к различным изменениям извне. Для анализа сильных и слабых сторон проекта был решено использовать SWOT-анализ. Его сущность заключается в анализе внутренних и внешних факторов, оценке рисков и конкурентоспособности товара в отрасли.

В таблице 2 приведены результаты анализа в виде матрицы.

Таблица 2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Удобство и простота использования С2. Широкий функционал С3. Удобный интерфейс оборудования	В1. Улучшение экономической стабильности и рост покупательской способности аудитории. В2. Развитие технологий, позволяющих оптимизировать конструкцию установки В3. Снижение стоимости комплектующих
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Небольшой штат разработчиков Сл2. Слабый уровень проникновения на рынок Сл3. Высокая стоимость производства	У1. Повышение стоимости комплектующих У2. Развитие конкурирующих разработок У3. Слабая заинтересованность целевой аудитории

Далее необходимо выявить соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого используется интерактивная матрица проекта. Ее применение позволяет выявить различные комбинации взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие), либо знаком «-» (означает слабое соответствие). Символ «0» ставится в том случае, если есть сомнения в выборе между первыми двумя вариантами. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 3-4.

Таблица 3 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны			Слабые стороны			
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
B1	-	-	-	-	+	+	+
B2	+	+	+	+	-	-	+
B3	+	+	-	-	+	+	+

Таблица 4 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны			Слабые стороны			
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
У1	+	+	-	-	+	+	+
У2	+	+	+	+	+	+	+
У3	-	0	-	-	+	+	-

В результате анализа интерактивных таблиц можно выделить следующие сильно коррелирующие сильные и слабые стороны с условиями внешней среды:

B2C1C2C3; B3C1C2;

B1Сл1Сл2Сл3; B2Сл3; B3Сл1Сл2Сл3;

У1С2С2; У2С1С2С3;

У1Сл1Сл2Сл3; У2Сл1Сл2Сл3; У3Сл1Сл2;

Самой вероятной и большой угрозой является повышение стоимости комплектующих. Вследствие чего будет необходима оптимизация конструкции оборудования или переход на альтернативные аппаратные

средства. В заключение данного этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 5.

Таблица 5 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Удобство и простота использования С2. Широкий функционал С3. Удобный интерфейс оборудования	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Небольшой штат разработчиков Сл2. Слабый уровень проникновения на рынок Сл3. Высокая стоимость производства
Возможности: В1. Улучшение экономической стабильности и рост покупательской способности аудитории. В2. Развитие технологий, позволяющих оптимизировать конструкцию установки В3. Снижение стоимости комплектующих	Оптимизация аппаратной части и расширение функционала позволяет сделать оборудование более конкурентоспособным. Снижение стоимости комплектующих также позволяет улучшить функционал путем закупки более качественного оборудования для производства	При появлении дополнительного спроса на продукт, появится больше экономических ресурсов для его последующего развития в том числе и на привлечение большего числа сотрудников. Развитие технологий и снижение стоимости комплектующих позволяет снизить стоимость и самого оборудования
Угрозы: У1. Повышение стоимости комплектующих У2. Развитие конкурирующих разработок У3. Слабая заинтересованность целевой аудитории	Увеличение стоимости комплектующих повышает стоимость самого оборудования, которая может быть снижена за счет урезания функционала оборудования либо замена существующих комплектующих.	Отсутствие спроса на товар и повышение стоимости комплектующих может привести к оптимизации в виде сокращения штата. Также будет необходим пересмотр конструкции оборудования, чтобы уменьшить расходы на материалы для его производство и увеличить его внешнюю привлекательность для более широкого круга потенциальных потребителей.

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для выявления возможных альтернатив разработки проекта был использован морфологический подход. Он основан на подборе возможных решений для отдельных частей задачи и последующем систематизированном получении их сочетаний. В таблице 6 в виде матрицы представлены возможные варианты реализации разработки.

Таблица 6 – Морфологическая таблица

	1	2
А. Аппаратная платформа для управления системы	Arduino Mega	Arduino Uno
Б. Аппаратная платформа для анализа изображения	Raspberry pi	Orange pi
В. Дисплей	HMI	TFT
Г. Подход для вычисления вегетационного индекса	С использованием двух камер	С использованием одной камеры и двухдиапазонного фильтра

Путем комбинации различных параметров были определены четыре наиболее оптимальных варианта исполнения:

A1B1V1Г2;

A2B2V2Г1;

A2B2V2Г2;

A1B1V1Г1.

Вариантом, используемым при разработке проекта, является A1B1V1Г2. Это связано с наличием опыта работы с перечисленными устройствами, что позволяет ускорить процесс разработки. Также подход с использованием двухдиапазонного фильтра является более эффективным для вычисления индекса.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты являются одной из самых больших статей расходов исследования, поэтому важным моментом является точное определение трудоемкости работ каждого участника исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

После получения значений трудоемкости необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , 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%. Для расчета используется следующая формула:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i}$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для составления календарного план-графика также выполняется расчет длительности в календарных днях по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k ,$$

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

k – коэффициент календарности (1,43).

Результаты расчетов трудоемкости работ представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Временные показатели проведения научного исследования

Работы	Исполнитель	Трудоемкость			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
		tmin	tmax	тожi		
Составление задания	Руководитель, Студент	1	2	1,4	0,7	1
Закупка оборудования	Руководитель, Студент	3	7	4,6	2,3	3,3
Работы по запуску шаговых двигателей	Студент	3	7	4,6	4,6	6,6
Работа с модулем камеры	Студент	5	7	5,8	5,8	8,3
Изучение способов оценки здоровья растений	Руководитель, Студент	4	7	5,2	2,6	3,7
Настройка всех двигателей для работы манипулятора	Студент	2	7	4	4	5,7
Модернизация предыдущей версии программы	Студент	5	7	5,8	5,8	8,3
Программирование функции оценки состояния растения	Студент	6	7	6,4	6,4	9,2
Программирование функции отслеживания	Студент	6	7	6,4	6,4	9,2

роста растения						
Совмещение программы для работы с камерой и программы для функционирования прототипа	Студент	2	7	4	4	5,7
Реализация функции полива	Студент	2	7	4	4	5,7
Доработка прототипа	Студент	7	9	7,8	7,8	11,2
Составление документации	Руководитель, Студент	6	9	7,2	3,6	5,1

Итоговая длительность для руководителя: 10 рабочих, 14 календарных дня.

Итоговая длительность для студента: 58 рабочих, 83 календарных дня.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Одним из самых популярных методов представления графика научных работ за счет своего удобства и наглядности является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

С помощью значений, полученных в таблице 8, было выполнено построение диаграммы Ганта, представленной на рисунке 10.

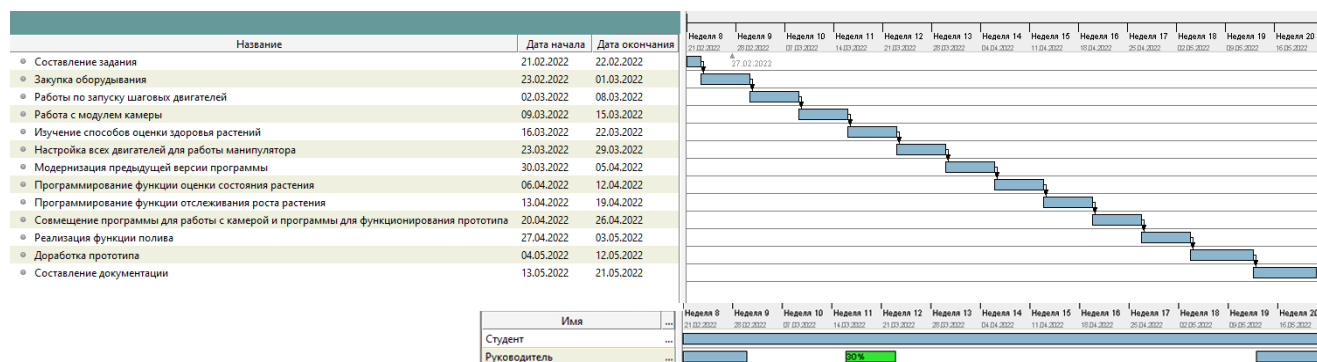


Рисунок 10 – Календарный план-график проведения НИОКР

4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научно-технического исследования необходимо предоставить полную информацию о всех видах расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ);
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Результаты расчетов материальных затрат представлены в таблицах 8-0.

Офисный ПК потребляет в среднем энергию 288 Вт. Монитор потребляет 19 Вт [9]. Блок питания для установки потребляет 60 Вт. Учитывая, что для тестирования самой установки приходится половина

рабочего дня, для ПК и монитора дневное (8 часов) потребление составит $(288+19)*8=2456 \text{ Вт*ч}=2,456\text{кВт*ч}$. Блок питания за день будет потреблять $60*4=240 \text{ Вт*ч}=0,24\text{кВт*ч}$. Так как руководитель не работает непосредственно с установкой, расчет потребления установки не учитывает его рабочих дней. Итоговое потребление энергии: $2,456*(10+58)+0,24*58=181\text{кВт*ч}$

Таблица 8 – Материальные затраты (исполнение 1,3)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Блок питания	Шт.	1	350	350
Датчик влажности и температуры воздуха	Шт.	1	60	69
Датчики влажности почвы	Шт.	4	100	460
Модуль реле на 8 каналов	Шт.	1	355	355
Датчик давления и температуры	Шт.	1	80	92
Драйвер шагового двигателя	Шт.	3	800	2760
Лампа накаливания	Шт.	2	250	500
Компрессор	Шт.	1	6000	7500
Ультразвуковой излучатель	Шт.	3	150	518
Преобразователь напряжения понижающий	Шт.	1	300	300
Веб-камера	Шт.	1	800	800
Помповый насос	Шт.	1	1000	1000
Двухдиапазонный фильтр	Шт.	1	400	460
Ик-датчик	Шт.	1	120	120
Припой	Шт.	1	400	400
Канифоль	Шт.	1	280	280

Провода	М.	100	20	2000
Электроэнергия	кВт*ч	181	5,8	1050
Итого, руб.				19934

Таблица 9 – Материальные затраты (исполнение 2,4)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Блок питания	Шт.	1	350	350
Датчик влажности и температуры воздуха	Шт.	1	60	69
Датчики влажности почвы	Шт.	4	100	460
Модуль реле на 8 каналов	Шт.	1	355	355
Датчик давления и температуры	Шт.	1	80	92
Драйвер шагового двигателя	Шт.	3	800	2760
Лампа накаливания	Шт.	2	250	500
Компрессор	Шт.	1	6000	7500
Ультразвуковой излучатель	Шт.	3	150	518
Преобразователь напряжения понижающий	Шт.	1	300	300
Веб-камера	Шт.	2	800	1600
Помповый насос	Шт.	1	1000	1000
Ик-датчик	Шт.	1	120	120
Припой	Шт.	1	400	400
Канифоль	Шт.	1	280	280
Провода	М.	100	20	2000
Электроэнергия	кВт*ч	181	5,8	1050
Итого, руб.				20334

4.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Все используемое программное обеспечение предоставляется на бесплатной основе либо по бесплатной студенческой лицензии, поэтому в статью затрат включено не было. Результат расчета затрат по данной статье представлен в таблицах 10-11

. Таблица 10 – Бюджет затрат на приобретение спецоборудования для научных работ (исполнение 1,4).

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер	1	25	25
2	Монитор	1	2,5	2,5
3	Мышь	1	0,3	0,3
4	Клавиатура	1	1	1
5	Паяльник	1	1	1
6	Arduino Mega	1	1,25	1,25
7	Одноплатный компьютер Raspberry Pi	1	12	12
8	Дисплей Nextion	1	15	15
9	Шаговый двигатель	4	15	69
Итого:				127,05

Таблица 11 – Бюджет затрат на приобретение спецоборудования для научных работ (исполнение 2,3).

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер	1	25	25
2	Монитор	1	2,5	2,5
3	Мышь	1	0,3	0,3
4	Клавиатура	1	1	1
5	Паяльник	1	1	1
6	Arduino Uno	1	0,98	0,98
7	Одноплатный компьютер Orange pi	1	6	6
8	Дисплей ILI9486	1	1,3	1,3
9	Шаговый двигатель	4	15	69
Итого:				107,08

Итоговая стоимость для спецоборудования составляет 127050 рублей для исполнений 1,4 и 107080 рублей для исполнений 2,3.

4.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя. Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 12).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	118	118
- праздничные дни		
Потери рабочего времени:		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p,$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок равный приблизительно 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Результаты расчетов основной заработной платы представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Основная заработная плата

Исполнители	З _{оклад} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	37700	0,3	0,2	1,3	73515	3692	10	36920
Студент	19200	0,3	0,2	1,3	37440	1880	58	109040
Итого								145960

4.3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату, начисленную рабочим и служащим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей. Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 13% от основной по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата.

Результаты расчетов дополнительной заработной платы представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительная заработная плата

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	36920	0,13	47800
Студент	109040		14175
Итого:			61975

4.3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья расходов отражает обязательные отчисления, по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Сумма отчисления определяет по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, используется пониженная ставка – 30%;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 14.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	92300	47800
Студент	169200	14175
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого:		
62380		

4.3.4.6 Накладные расходы

Данная статья расходов включает прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$Z_{\text{нак}} = k_{\text{нр}} * \sum \text{статей},$$

где $k_{нр}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$Z_{нак} = (19934 + 127050 + 145960 + 61975 + 62380) * 0,16 = 66768 \text{ рубля}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$Z_{нак} = (20334 + 107080 + 145960 + 61975 + 62380) * 0,16 = 63637 \text{ рубля}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$Z_{нак} = (19934 + 107080 + 145960 + 61975 + 62380) * 0,16 = 63572 \text{ рубля}$$

Накладные расходы для исполнения 4 составили:

$$Z_{нак} = (20334 + 127050 + 145960 + 61975 + 62380) * 0,16 = 66832 \text{ рубля}$$

4.3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 15.

Таблица 16 – Итоговый бюджет разработки

Наименование статьи	Сумма, руб.			
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.4
Материальные затраты НТИ	19934	20334	19934	20334
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	127050	107080	107080	127050
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	145960	145960	145960	145960
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	61975	61975	61975	61975
Отчисления во внебюджетные фонды	62380	62380	62380	62380
Накладные расходы	66768	63637	63572	66832
Бюджет затрат НТИ	484067	461368	460897	484532

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности НТИ необходимо рассчитать интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель эффективности.

Интегральный финансовый показатель определяются по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

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).

Для исполнения 1: $I_{\text{финр}} = 484067/484532 = 1$.

Для исполнения 2: $I_{\text{финр}} = 461368/484532 = 0,95$.

Для исполнения 3: $I_{\text{финр}} = 460897/484532 = 0,95$.

Для исполнения 4: $I_{\text{финр}} = 484532/484532 = 1$.

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i * b_i,$$

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.

Результаты расчетов интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 16.

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.4
1. Функциональные возможности	0,3	5	4	4	5
2. Эргономичность интерфейса	0,25	5	3	3	5
3. Удобство эксплуатации	0,25	5	4	5	4
4. Надежность	0,2	4	4	4	4
Итого:	1	4,8	3,75	4	4,55

$$I_{p-исп1} = 5 * 0,3 + 5 * 0,25 + 5 * 0,25 + 4 * 0,2 = 4,8;$$

$$I_{p-исп2} = 4 * 0,3 + 3 * 0,25 + 4 * 0,25 + 4 * 0,2 = 3,75;$$

$$I_{p-исп3} = 4 * 0,3 + 3 * 0,25 + 5 * 0,25 + 4 * 0,2 = 4.$$

$$I_{p-исп4} = 5 * 0,3 + 5 * 0,25 + 4 * 0,25 + 4 * 0,2 = 4,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения проекта определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}}, I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}}, I_{исп4} = \frac{I_{p-исп4}}{I_{финр}}$$

Таким образом:

$$I_{исп1} = 4,8/1 = 4,8;$$

$$I_{исп2} = 3,75/0,95 = 3,9;$$

$$I_{исп3} = 4/0,95 = 4,2;$$

$$I_{исп4} = 4,55/1 = 4,55;$$

Для определения самого выгодного варианта с позиции финансовой и ресурсной эффективности необходимо найти сравнительную эффективность исполнений разработки по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}$$

Результаты расчетов сравнительной эффективности разработки представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп.4
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,96	0,96	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	3,75	4	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	4,8	3,9	4,2	4,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,87	0,94

Таким образом, сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что самым эффективным исполнением с позиции ресурсоэффективности и финансовой эффективности является первое исполнение.

5. Социальная ответственность

В рамках данной ВКР разрабатывается программное обеспечение для прототипа лабораторного оборудования, необходимого для изучения влияния различных факторов на рост растений.

Рабочее место исполнителя работы представляет собой аудиторию кафедры размером 5 м *6 м и оборудовано 1 ПЭВМ, 1 микроконтроллер и 1 одноплатный компьютер. Работа включает в себя умственную деятельность, изучение тематической литературы, написание программного кода, тестирование оборудования. Трудовой процесс характеризуется физическим напряжением, вызванным долгим нахождением в позе сидя, умственным напряжением.

Раздел посвящён рассмотрению правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности, вредных и опасных производственных факторы, которые могут возникать в процессе разработки, а также мер по их предотвращению. Проанализированы аспекты экологической безопасности и возможные чрезвычайные ситуации.

Вредными факторами были определены:

- повышенный уровень шума на рабочем месте.
- показатели микроклимата воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха.
- отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.
- монотонность труда, вызывающая монотонию.

К опасным факторам относятся производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которых попадает работающий.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Вопросы охраны труда, трудоустройства, заработной платы, а также права и обязанности работника и работодателя устанавливаются в соответствии с Трудовым кодексом РФ 197-ФЗ.

Продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю. Для отдельных категорий работников устанавливается сокращённая продолжительность рабочей недели, а именно: для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, для работников от 16 до 18 лет, а также для работников I и II группы инвалидности – не более 35 часов в неделю. При работе во вредных условиях 3 и 4 степени и при работе в опасных условиях труда продолжительность работы не должна превышать 36 часов в неделю. Для конкретного работника продолжительность рабочего времени устанавливается трудовым договором на основании отраслевого (межотраслевого) соглашения и коллективного договора, при этом учитываются результаты специальной оценки условий труда. При работе в ночное время (в период с 22 часов до 6 часов) длительность смены сокращается на один час[10].

В течение рабочего дня предоставляется перерыв для питания и отдыха, это время не включается в рабочее время. Продолжительность перерыва, время его начала определяются внутренним трудовым распорядком. Сотруднику положен ежегодный оплачиваемый отпуск продолжительностью 28 дней с сохранением должности и среднего заработка. Условия предоставления более длительного основного отпуска и дополнительного отпуска установлены федеральными законами. Помимо перечисленных предусмотрены такие виды отдыха, как междусменный, выходные дни, нерабочие праздничные дни.

5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы[10].

Выполнение требований на данном рабочем месте отражено ниже в таблице 19, согласно ГОСТ 12.2.032-78.

Таблица 19 – Требования к организации рабочего места при работе с ПЭВМ

Требование	Требуемое значение	Значение параметров в помещении
Высота рабочей поверхности стола	Регулируемая высота (680-800мм) Нерегулируемая высота (725мм)	Регулируемая высота
Рабочий стул	Подъемно-поворотный, регулируемый по высоте и углу наклона спинки	Не соответствует
Расположение монитора от глаз пользователя	600-700мм	Соответствует

На момент разработки выпускной квалификационной работы в качестве рабочего стула выступает стул с мягкой обивкой. Для соответствия требованиям нормативных актов по организации рабочего места компании следует приобрести рабочий стул, который будет обеспечивать функции регулировки по высоте и углу наклона спинки стула.

5.2 Производственная безопасность

При разработке проектируемого решения могут возникать вредные и опасные производственные факторы, их перечень, а также регламентирующие их действие нормативные документы представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные производственные факторы при разработке программно-математического средства

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Вредные производственные факторы:	
Повышенный уровень шума на рабочем месте.	ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
Отклонения показателей микроклимата рабочей зоны	ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;	СП 52.13330.2016. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
Монотонность труда, вызывающая монотонию	ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019 «Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки»
Опасные производственные факторы:	
Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Далее для каждого из перечисленных факторов будут рассмотрены источники возникновения, воздействие на человека, допустимые нормы и средства индивидуальной защиты (СИЗ).

5.2.1 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Прежде всего, ненормированные показатели шума на рабочем месте оказывает влияние на психологическое состояние работника. Так, у сотрудника снижается сосредоточенность и концентрация на поставленной ему задаче, повышается уровень утомляемости и стресса. Помимо этого, повышенный уровень шума может привести к ухудшению слуха. Также шум является помехой для коммуникаций между сотрудниками.

Уровень шума на рабочих местах разработчика не должен превышать значений, установленных ГОСТ 12.1.003-2014 и составлять не более 55 дБА [14], согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Снизить уровень шума можно при помощи звукопоглощающих материалов, предназначенных для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создается за счет использования занавесок из плотной ткани. Также уровень шума может быть снижен путем очистки или замены системы охлаждения персонального компьютера.

5.2.2 Отклонения показателей микроклимата рабочей зоны

Температура воздуха на рабочем месте оказывает довольно значимое влияние не только на производительность труда работника, но и на его здоровье. Так, вредным фактором может являться как повышенная, так и пониженная температура.

Показания комфортных для работы условий должны соответствовать значениям, представленным в таблице 21, согласно СанПиН 1.2.3685-21.

Таблица 21 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин		для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Тёплый	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

5.2.3 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

При постоянной работе в помещении с ПК может возникать недостаток или отсутствие естественного освещения, что повышает уровень утомляемости и вызывает снижение работоспособности. При дефиците естественного света могут развиваться заболевания зрительного аппарата.

Согласно СП 52.13330.2016 зрительную работу инженера-программиста можно характеризовать как работу разряда Б – высокой точности, потому необходимо чтобы параметры освещенности рабочего места соответствовали требованиям: освещенность на рабочей поверхности при системе общего освещения – 400 лк, освещенность на рабочей поверхности при системе комбинированного освещения – 1000 лк, коэффициент пульсации освещенности не более 15% [15]. Для снижения влияния фактора недостаточной освещенности необходимо, чтобы уровень естественного освещения рабочего места и яркость дисплея персонального компьютера были приблизительно одинаковыми. При недостаточной

освещенности помещения может помочь увеличение количества световых приборов.

5.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию

Длительный процесс разработки программного обеспечения является монотонным трудом, способным вызвать монотонию.

Согласно ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019 «Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки» монотония – медленно развивающееся состояние пониженной активизации, возникающее при длительном выполнении однообразных, повторяющихся заданий, в основном проявляющееся в виде сонливости, утомления, снижения или колебания работоспособности, снижения адаптируемости и восприимчивости, а также сопровождающееся повышением изменчивости частоты сердечных сокращений [16].

Для уменьшения монотонности труда необходимо осуществлять такие процедуры как: повышение разнообразия работы, расширение поля внимания, обеспечение возможностей для физической активности, соответствующее проектирование климатических условий, уменьшение шума и однородного акустического воздействия, обеспечение соответствующего освещения, обеспечение доступа к общению с коллегами по работе, наличие перерывов.

5.2.5 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Техника, которой пользуется исполнитель проектируемого решения, работает от электросети, в связи с чем может являться источником опасности. Электрический ток оказывает механическое, электролитическое, биологическое и термическое воздействие, приводит к травмам и гибели.

Вероятность поражения током возрастает при высокой влажности, отсутствии защитных конструкций для проводов.

ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.» устанавливает, что при переменном токе частотой 50 Гц напряжение не должно превышать 2 В, а сила тока должна быть не более 0,3 мА [17].

Превентивными мерами в данном вопросе являются регулярные инструктажи техники безопасности на рабочем месте, работа с ПК сухими руками, периодическая проверка целостности и исправности электроприборов, розеток, кабелей. Необходимая проверка аппаратных модулей должна производиться строго в перчатках.

5.3 Экологическая безопасность

В разработке используется такая техника, как системные блоки, микроконтроллеры, мониторы, клавиатуры, компьютерные мыши. Перечисленные приборы состоят из множества деталей, которые созданы из разных веществ, поэтому разные детали относятся к разным классам опасности отходов. Некоторые компоненты техники содержат тяжёлые металлы, которые загрязняют почву, т.е. негативно воздействуют на литосферу. Независимо от класса опасности отходов, должна проводиться их грамотная утилизация. Все отходы должны собираться, сортироваться и быть направлены на переработку организациям, имеющими государственную лицензию на обращение с отходами.

Утилизация компьютерной и организационной техники ограничена законодательно, так как в производстве такой техники используется большое количество материалов, способных нанести большой вред окружающей среде. Главными нормативными актами, регулирующими вопрос утилизации ноутбуков, являются федеральные законы РФ «Об охране окружающей среды» и «Об отходах производства и потребления». Утилизация

компьютерного оборудования происходит через обязательное извлечение компонентов, их сортировку и последующую отправку для повторного использования. Такая утилизация происходит обязательно с привлечением квалифицированного персонала.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При работе над проектируемым решением могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации:

- техногенные (взрывы, пожары, обрушение помещений).
- природные (наводнения, ураганы, природные пожары).

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар в помещении рабочей зоны, вызванный перегревом и воспламенением электротехники, неисправностью электросети, током короткого замыкания. К первичным средствам пожаротушения относятся порошковый и углекислотный огнетушители.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" возможен пожар класса Е – пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением [19].

В соответствии с Федеральным законом "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" для защиты от воздействия пожара должны соблюдаться следующие нормы:

- применение ограничивающих распространение огня средств.
- использование устройств оповещения и обнаружения пожара.
- применение огнетушителей и других первичных средств пожаротушения.
- наличие и возможность использования эвакуационных путей.

В случае обнаружения пожара необходимо сообщить о происшествии в пожарную охрану. Далее необходимо принять меры по эвакуации людей и

материальных ценностей согласно плану эвакуации. До прибытия сотрудников пожарной охраны нужно самостоятельно начать тушение пожара с помощью первичных средств пожаротушения.

5.5 Вывод по разделу

Фактические значения значимых для разработки производственных факторов удовлетворяют нормативным значениям.

В помещении, где ведётся работа над проектируемым решением, нет условий для возникновения повышенной или особой опасности, поэтому по ПУЭ оно отнесено к 1 категории электробезопасности. Персонал, занятый разработкой, относится к I группе по электробезопасности согласно «Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок». Работа, выполняемая исполнителем проектируемого решения, по уровню энерготрат организма, классифицируется как работа категории 1а, т.к. не требует физического напряжения, постоянного передвижения и ходьбы. Рабочее помещение относится к категории В по пожарной опасности, однако имеет все необходимые компоненты для обеспечения безопасности. Требуемое освещение обеспечивается за счет нескольких энергосберегающих ламп. Уровень шума находится в допустимом диапазоне. Микроклиматические условия соблюдаются за счет системы отопления в холодное время и проветривания в теплое время. Защита от воздействия электрического тока обеспечивается путем проверки состояния ПК и соблюдения правил безопасности при работе с ним, соответственно, согласно правилам устройства электроустановок, данное помещение входит в категорию безопасных.

Заключение

В итоге выполненной работы получены следующие результаты:

1. Был проведен анализ предметной области.
2. Были составлены проектные решения, которые позволяют максимально эффективно исполнять необходимые функциональные возможности прототипу научно-исследовательского лабораторного оборудования по созданию различных климатических условий для растений.
3. Было реализовано программное обеспечение для головной системы оборудования. Оборудование было протестировано.
4. В процессе работы над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были проанализированы основные потребительские качества, себестоимость и конкурентные преимущества продукта; было проведено исследование рынка; рассмотрена эффективность использования выбранного решения реализации.
5. При работе над разделом о социальной ответственности были рассмотрены правовые и организационные вопросы безопасности, организация рабочей зоны и рабочего места, меры предосторожности для избегания влияния вредных и опасных производственных факторов, вопросы экологической безопасности и правил поведения в чрезвычайных ситуациях.

Список использованных источников

1. Вегетационные индексы NDVI, EVI, GNDVI, CVI, True color [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.soft.farm/ru/blog/vegetacionnye-indeksy-ndvi-evi-gndvi-cvi-true-color-140>
2. Емельянов А.В., Шилин А.Н. Шаговые двигатели: учебное пособие. – Волгоград: РПК "Политехник", 2005. – 48 с.
3. Visible (RGB) and Full Spectrum (RGB+NIR) Imagery – Geo-referenced NDVI Generation and Remote Sensing by UAV [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://diydrone.com/profiles/blogs/visible-rgb-and-full-spectrum-rgb-nir-imagery-geo-referenced-ndvi>
4. How to perform vegetation analysis with a single camera [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.lumenera.com/media/wysiwyg/documents/casestudies/Vegetation_Analysis_With_A_Single_Camera.pdf
5. Обзор инфракрасного модуля препятствия, LM393 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-infrakrasnogo-modulya-prepyatstviya-lm393/>
6. Ультразвуковой датчик расстояния Ардуино HC-SR04 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/>
7. Биолаборатория “ANRO EXPERT” [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://anrotech.ru/product/anro-expert/>
8. Агро-инженерный комплекс [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://n-72.ru/catalog/product/agro_inzhenernyy_kompleks.html
9. Сколько электроэнергии потребляет компьютер (ПК): в Вт/час и в рублях (или как сэкономить за электричество) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ocomp.info/skolko-potreblyayet-kompyuter.html>

10. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)
11. ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя»
12. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда.
13. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
14. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
15. СП 52.13330.2016. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
16. ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019 «Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки»
17. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
18. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
19. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

Приложение А

Регистрация программы для ЭВМ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021666465

Вычисление вегетативного индекса для лабораторного образца растения

Правообладатель: **Общество с ограниченной ответственностью "ТЕРРАФАРМ" (RU)**

Автор(ы): **Сапегин Арсений Антонович (RU)**



Заявка № **2021665812**

Дата поступления **09 октября 2021 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **14 октября 2021 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 0022A5C5F8C10B1A0C59A0A2F8092E9A118
Издатель: Империум Региструм Петровск
Действителен с 15.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев

Рисунок А.1 – Свидетельство о регистрации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

RU **2021666465**



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):
2021666465

Автор:
Сапегин Арсений Антонович (RU)

Дата регистрации: **14.10.2021**

Правообладатель:
**Общество с ограниченной ответственностью
"ТЕРРАФАРМ" (RU)**

Номер и дата поступления заявки:
2021665812 09.10.2021

Дата публикации: **14.10.2021**

Название программы для ЭВМ:
Вычисление вегетативного индекса для лабораторного образца растения

Рисунок А.2 – Скриншот с сайта Роспатента

Приложение Б

Интерфейс для дисплея

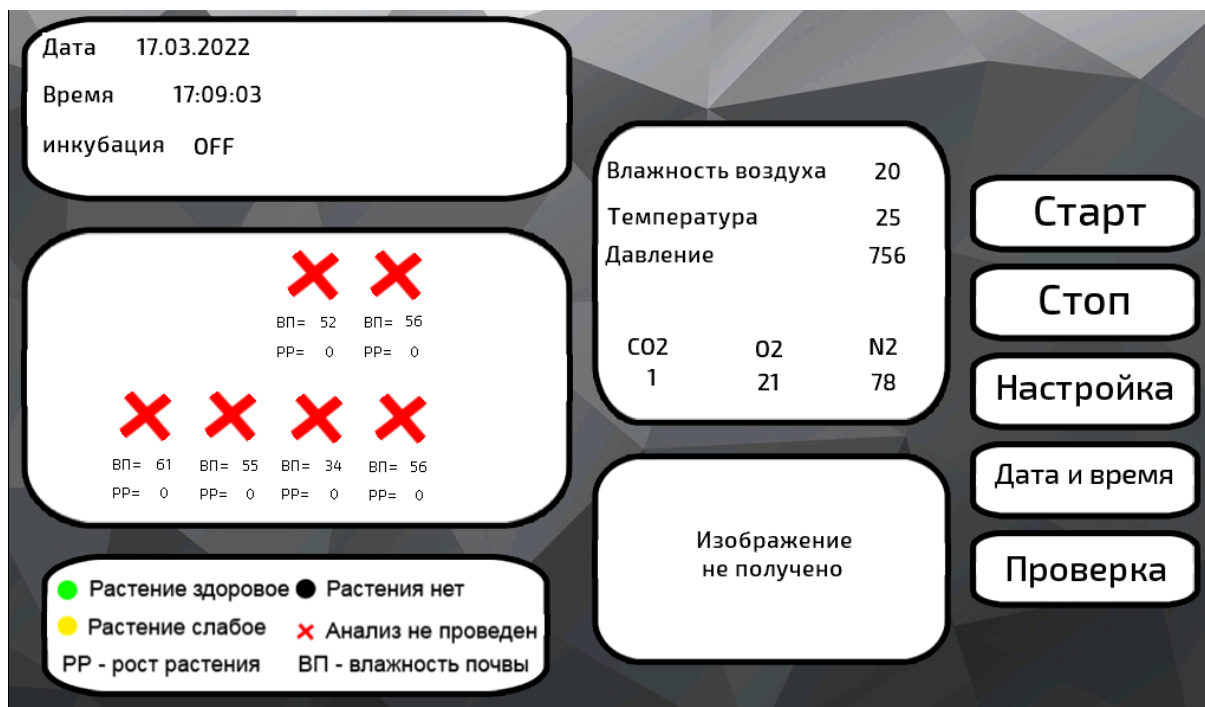


Рисунок Б.1 - Главный экран



Рисунок Б.2 - Экран настроек

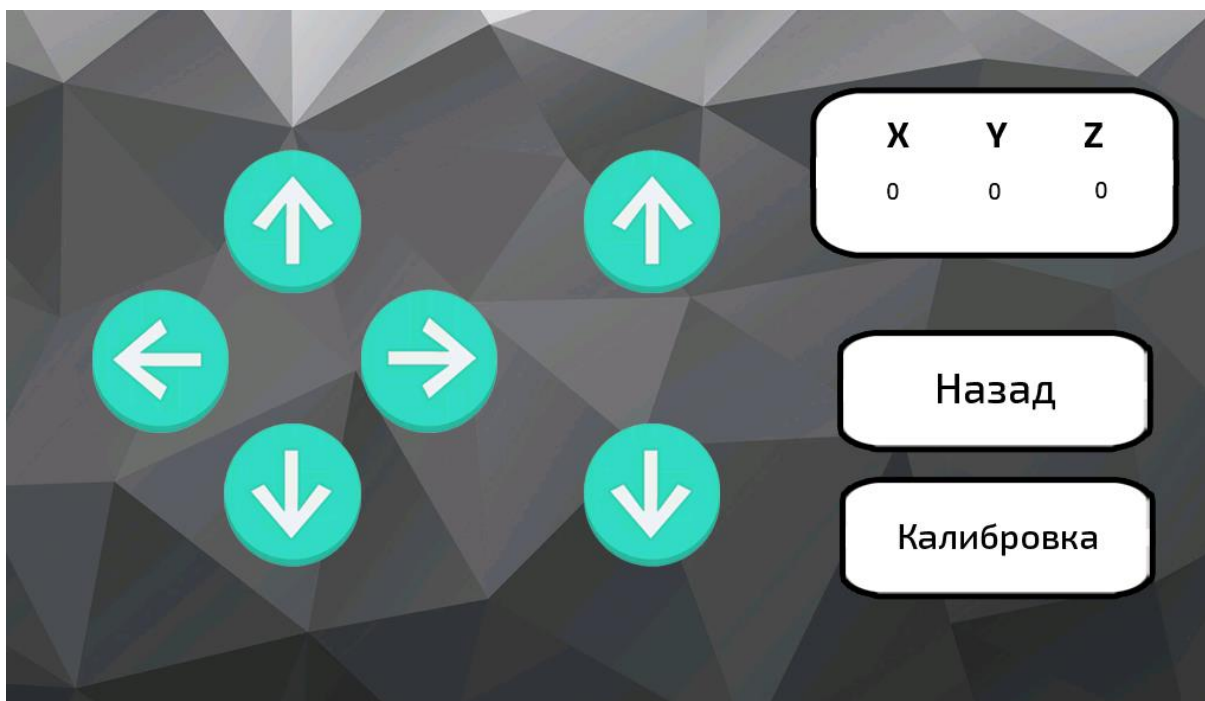


Рисунок Б.3 - Экран калибровки

Приложение В

Функции активации устройств

```
//функция для работы с освещением
void light()
{
  if(sw)//Включена ли инкубация
  {
    //если значение из настроек для конкретной части дня равно 1, подается напряжение на реле с освещением
    if(enteredlight[i]==1)
      digitalWrite(newlightPower, LOW);
    else
      digitalWrite(newlightPower, HIGH);
  }
  else
  {
    //в случае отключения инкубации, для включения освещения система ориентируется на состояние кнопки на главном экране
    if(newlight)
      digitalWrite(newlightPower, LOW);
    else
      digitalWrite(newlightPower, HIGH);

    //в случае отключения инкубации и выбора режима "По температуре" для нагрева система отключает лампу нагрева
    if(lightva==0)
      digitalWrite(lightPower, HIGH);
  }
  //система для независимого включения лампы нагрева ориентируется по выбранному режиму "Включить" или "Выключить"
  if(lightva==1)
    digitalWrite(lightPower, LOW);
  if(lightva==2)
    digitalWrite(lightPower, HIGH);
}

//функция для работы с датчиком влажности почвы
void ShowSoil()
{
  int val = analogRead(sensorPin); // Прочитать аналоговое значение от датчика
  //преобразование значения
  val=149.2-val*0.15;
  if(val>100)
  {val=100;}

  myNextion.setComponentValue("main.nsoil", val);//вывод значения на дисплей

  //включение насоса в случае низкого значения датчика
  if(sw)//Включена ли инкубация
  {
    if(val<enteredsoil[i])
      digitalWrite(waterPower, LOW);
    else
      digitalWrite(waterPower, HIGH);
  }
}
```

```

//функция для работы с датчиком влажности и температуры воздуха
void showTempandAir()
{
  dht.read();//читаем значения датчика
  uint32_t temp=dht.tem;//температура
  uint32_t air=dht.hum;//влажность
  myNextion.setComponentValue("main.nair", air);//вывод значения на дисплей
  myNextion.setComponentValue("main.ntemp", temp);//вывод значения на дисплей

  if(sw)//Включена ли инкубация
  {

    if(temp>enteredtemp[i]//сравнение температуры с введенными значениями
    {
      digitalWrite(windPower, LOW);//Включение вентилятора в случае высокой температуры
      if(lightva==0)//выбран ли режим "по температуре"
        digitalWrite(lightPower, HIGH);//Выключение лампы нагрева в случае высокой температуры
    }
    else
    {
      digitalWrite(windPower, HIGH);//Выключение вентилятора в случае низкой температуры
      if(lightva==0)//выбран ли режим "по температуре"
        digitalWrite(lightPower, LOW);//Выключение лампы нагрева в случае низкой температуры
    }
  }
  else
  {
    digitalWrite(windPower, HIGH);//Выключение лампы нагрева в случае выключения инкубации
  }
}

```

Приложение Г

UML-диаграмма «Обход»

