

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
 Отделение **электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка цифрового измерителя влажности зерна

УДК 543.631.2.08:004.384:631.576.331.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Стародубцева Арина Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Баранов Павел Федорович	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н		

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности

P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P13	Проектировать, конструировать, проводить необходимые инженерные расчеты и испытания для обеспечения качественной и надежной работы высокотехнологичных электронных и механотронных приборов, систем и устройств и средств их испытаний.
P14	Проводить сопровождение технологического процесса изготовления изделий микроэлектроники.
P15	Проектировать, конструировать, проводить моделирование, верификацию и уточнение разработанных микро и наноразмерных электромеханических систем и цифровых схем для их управления включая разработку физического прототипа.

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ В.С.Иванова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Стародубцева Арина Александровна

Тема работы:

Разработка цифрового измерителя влажности зерна	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№43-64/с от 12.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом проектирования является разработка цифрового измерителя влажности зерна. Цель работы – разработка цифрового измерителя влажности зерна; проведение моделирования; создание интерфейса управления меню.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Теоретический обзор предметной области; Разработка структурной схемы; Описание назначения элементов устройства; Разработка схемы электрической принципиальной; Разработка конструкции печатной платы; Создание интерфейса между пользователем и устройством.</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема электрическая принципиальная ФЮРА.414625.018 ЭЗ
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
—	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Баранов Павел Федорович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Стародубцева Арина Александровна		

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
 Уровень образования **бакалавриат**
 Отделение школы (НОЦ) **электронной инженерии**
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
<i>01.03.2020</i>	<i>Раздел 1. Обзор литературы</i>	9
<i>01.04.2020</i>	<i>Раздел 2. Разработка электронной части</i>	9
<i>03.05.2020</i>	<i>Раздел 3. Моделирование и программирование</i>	9
<i>15.05.2020</i>	<i>Раздел 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	5
<i>26.05.2020</i>	<i>Раздел 5. Социальная ответственность</i>	5
<i>10.06.2020</i>	<i>Оформление ВКР</i>	3

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Баранов Павел Федорович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Стародубцевой Арине Александровне

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и наноэлектроника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта не более 750 000 рублей.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расходы на ресурсы не должны превышать 55 000 рублей. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам – 30 % от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Потенциальные потребители результатов НИ; - Анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Расчет уравнений эффективности НИ; - Оценка эффективности НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.02.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Стародубцева Арина Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Стародубцевой Арине Александровне

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Тема ВКР:

Разработка цифрового измерителя влажности зерна

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является разработка цифрового измерителя влажности зерна (4 корпус, 107а аудитория).
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке цифрового измерителя влажности зерна: <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП); – Неудовлетворительный микроклимат; – Повышенный уровень напряженности электростатического поля; – Электроопасность.
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); – Решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – Выбор наиболее типичной ЧС; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
	13.02.2020

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Стародубцева Арина Александровна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 107 страниц, 33 рисунка, 25 таблиц, 40 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: цифровой измеритель, влажность, контроль, зерно, влагомер, диэлькометрический датчик, емкостной измеритель.

Объектом исследования является разработка цифрового измерителя влажности зерна.

Цель работы – разработка цифрового измерителя влажности зерна; проведение моделирования; создание интерфейса управления меню.

В процессе исследования проводилось изучение методов измерения влажности зерна, изучение программной среды Arduino IDE 1.8.12. Моделирование проводилось в среде NI Multisim 14.2. Схема электрическая принципиальная выполнена в САПР Altium Designer 19.1.9.

В результате исследования разработана схема электрическая принципиальная, создана 3D-модель печатного узла, программный код воспроизведения на экран меню и возможность выбора необходимой позиции.

В будущем планируется определить зависимость влажности от напряжения, приходящего на АЦП микроконтроллера с измерительной схемы емкостного датчика, с учетом температуры, показание которой определяется цифровым датчиком температуры.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

«Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).

ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.

ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.

ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий, 2016.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003.

СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003.

СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.

СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 1996.

СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования, 2009.

СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение, 2011.

СП 952-72. Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец.

СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.

НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях, 2013.

Специальная оценка условий труда в Томском политехническом университете, 2019.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Зерновая масса – биосистема, сформированная в результате обмолота растений и состоящая из зерен (семян) определенной культуры и различных примесей.

Диэлектрическая проницаемость – коэффициент, отражающий во сколько раз сила взаимодействия двух электрических зарядов в конкретной среде меньше, чем в вакууме.

Делитель напряжения – цепь, применяемая для получения разных напряжений от одного источника питания.

Демодулятор – устройство, предназначенное для выделения информационного сигнала из модулированного высокочастотного колебания.

1-Wire – протокол передачи данных, осуществляющий питание подключенных устройств и обмен данными, используя одну пару проводов.

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ОУ – операционный усилитель;

МК – микроконтроллер;

ФНЧ – фильтр низких частот;

СД – синхронных детектор;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

Оглавление

Введение	17
1 Обзор литературы	18
1.1 Общая характеристика свойств зерновой массы	18
1.2 Влияние влажности на характеристики зерновой массы	19
1.3 Влияние влажности при хранении зерна	21
1.4 Влияние влажности при дроблении зерна	24
1.5 Методы измерения влажности	25
1.6 Электрические методы измерения влажности	28
1.7 Влажность при математическом моделировании	31
2 Разработка электронной части	32
2.1 Делитель напряжения	32
2.2 Генератор	34
2.3 Усилитель	35
2.4 Синхронный детектор	37
2.5 Емкостной датчик	40
2.6 Датчик температуры	41
2.7 Микроконтроллер	42
3 Моделирование и программирование	43
3.1 Моделирование схемы измерителя влажности зерна	43
3.2 Проектирование печатной платы	45
3.3 Программирование интерфейса измерителя	46
3.4 Создание макета	48
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	50

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	50
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	51
4.1.3 Технология QuaD	53
4.1.4 SWOT-анализ	56
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	58
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	58
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	60
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	61
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62
4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	62
4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	64
4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	65
4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	67
4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	67
4.2.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки	68
4.2.4.7 Контрагентные расходы	68
4.2.4.8 Накладные расходы	68
4.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	69
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	70
5 Социальная ответственность	74
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	74
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	75
5.2 Производственная безопасность	76

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	76
5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	77
5.3 Экологическая безопасность	83
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	83
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	84
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	85
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	85
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	86
Заключение	89
Список используемых источников	90
Приложение А. Схема электрическая принципиальная ФЮРА.414625.018 ЭЗ	94
Приложение Б. Перечень элементов ФЮРА.414625.018 ПЭЗ	96
Приложение В	99
Приложение Г	102
Приложение Д	105
Приложение Е	106
Приложение Ж	107

Введение

Увеличение объема производства зерновых культур относится к приоритетным направлениям, определенных правительством РФ. Поэтому необходимо обеспечить повышение качества и сохранности зерна, минимизировать потери при наименьших затратах труда и средств.

Влажность является одним из главных и информативных показателей качества зерновой массы. При определенном процентном содержании влаги в зерне начинают происходить такие процессы, как набухание, прорастание и порча зерна, происходят изменения структуры и физическо-химических свойств, что сказывается на пригодности для последующей обработки. Также влажность является критерием при решении начала уборки, выбора режима молотильных установок, методах сушки и способе хранения.

В данной работе представлена разработка цифрового измерителя влажности зерна.

1 Обзор литературы

Зерно является стратегическим продуктом, запасы которого хранятся во всех странах мира. От наличия зерна зависят продовольственная и экономическая сферы деятельности государства. Продукты питания являются одним из факторов жизнеобеспечения человека, где без зерновых культур не имеет возможности получить такие продукты питания, как хлебобулочные изделия, крупы, мука и макаронные изделия, а также молочные и мясные продукты. Для животноводства главным фактором является кормоприготовление и последующее вскармливание животных.

Влажность является одним из главных показателей качества зерна, по которому определяют готовность к уборке, устанавливают режимы термообработки и обмола, принимают решения, касающиеся сушки и помещениях для хранения, т.к. дозревание происходит именно на данном этапе. Контроль влажности при хранении позволяет сокращать потери зерна, так как предотвращает прорастание, сгорание, зарождение микроорганизмов, способствующих порче. Это связано с влаговыделением при дозревании зерна, повышение влажности как самой массы зерна, так и окружающего воздуха, приводит к ухудшению качества зерна, а нередко и к самовозгоранию.

1.1 Общая характеристика свойств зерновой массы

Несмотря на то, что зерновые, бобовые, масличные и кормовые культуры отличны друг от друга, их можно характеризовать общими свойствами как объекты хранения.

Партией зерна считается однородная зерновая масса, без резких отличий зерен в цвете и структуре. Каждая зерновая масса состоит из семян основной культуры; небольшого количества зерен других культур, которые не оказывают критичного влияния на ценность основной культуры и не портят ее свойства; различных примесей в виде дикорастущих растений, которые характеризуют

засоренность зерновой массы; микроорганизмов, которые могут пагубно повлиять на процесс хранения основной культуры; воздуха межзерновых пространств; а также насекомых и клещей, для которых зерновая масса является средой существования [1].

При хранении зерна необходимо уделять отдельное внимание гигроскопичности зерновой массы – способности зерна к поглощению паров веществ и газов из окружающей среды (сорбция), а также частичного выделения паров и газов из зерновой массы (десорбция).

Влажность зерновой массы является равновесной при установлении гигроскопического равновесия, когда процессы сорбции и десорбции приостанавливают свою динамику [2]:

$$W = \frac{G_{\text{вл}}}{G_{\text{вл}} + G_{\text{с}}} \cdot 100 \%, \quad (1.1)$$

где $G_{\text{вл}}$ – масса влаги, содержащаяся в зерне;

$G_{\text{с}}$ – масса сухого вещества.

Абсолютная влажность зерна определяется следующей формулой [2]:

$$W_{\text{а}} = \frac{G_{\text{вл}}}{G_{\text{с}}} \cdot 100 \%. \quad (1.2)$$

Критической влажностью является влажность, при которой в зерновой массе начинает выделяться свободная вода. Граница критической влажности начинается от 14,5 до 16 %, в зависимости от типа зерновой культуры. Такая среда является наиболее благоприятной для развития плесени и порчи зерна [2].

1.2 Влияние влажности на характеристики зерновой массы

Исследования, приведенные в статье [3], показали, что влажность является главным параметром, влияющим на теплофизические характеристики зерна. При возрастании влажности увеличиваются такие показатели как коэффициент теплопроводности, удельная объемная теплоемкость и коэффициент теплоаккумуляции. На рисунке 1.1 представлена зависимость теплофизических показателей слоя зерновых культур от влажности.

Нелинейность и сложность зависимости связана с тем, что для каждой зерновой культуры необходимо подобрать определенную энергию для удаления влаги, это объясняется формами связи влаги в материале.

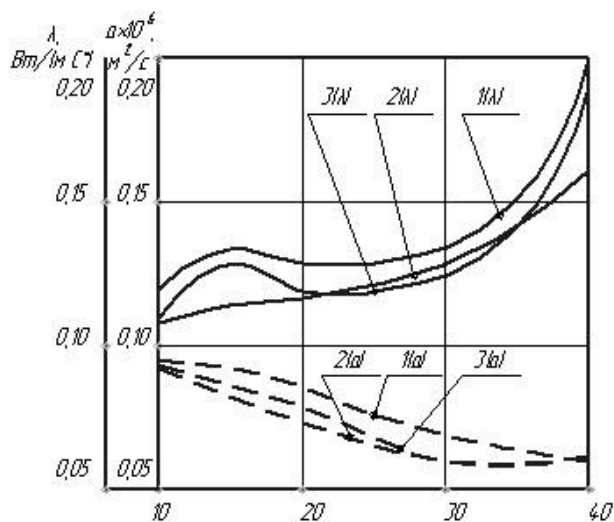


Рисунок 1.1 – Зависимость теплофизических показателей слоя зерновых культур от влажности [3]

Сухая масса зерна обладает способностью впитывать окружающую ее влагу и пары газов, вследствие чего, ее масса и физические размеры увеличиваются (рисунок 1.2). Данное изменение стоит учитывать при гидротермической обработке, так как от содержания влаги в зернах будет зависеть количество зерна, загружаемого в пропариватель.

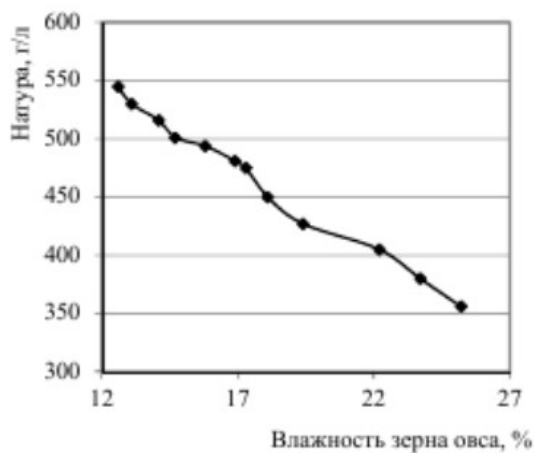


Рисунок 1.2 – Натура при различной влажности зерна овса [3]

Также внутренняя влажность разрыхляет структуру зерна, что оказывает влияние на уменьшение плотности зерна с увеличением влажности (рисунок 1.3). Информация о плотности необходима для выбора режима способа обработки с целью улучшения физико-механических свойств.

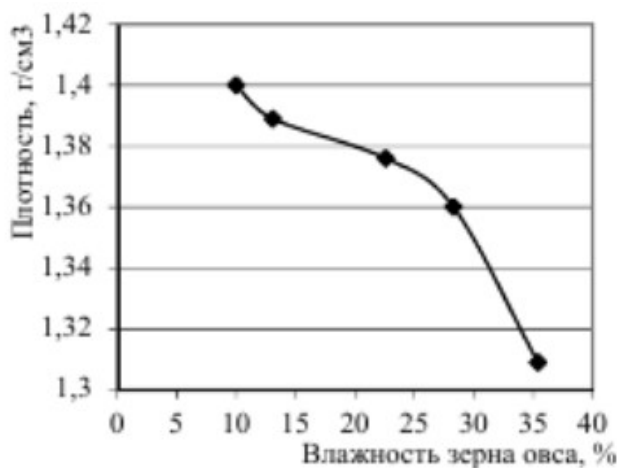


Рисунок 1.3 – Влияние влажности на плотность зерна овса [3]

Состояния зерновой массы подразделяют на четыре типа: сухая, средней сухости, влажная и сырая. Для отдельной зерновой, бобовой и масленичной культуры существуют пределы в показателях влажности, но для большинства от 14,5 до 16 % влажности является критическим диапазоном [1].

1.3 Влияние влажности при хранении зерна

Контроль влажности начинает осуществляться сразу же после сбора на поле. Значение влажности при перемещении с поля на зерновые токи (ток – комплекс машин, оборудования, сооружений для последующей послеуборочной обработки зерна) определяет качество зерна. На токе влажность определяется для выбора способа и параметров сушки перед дальнейшей обработкой или поставкой на другие предприятия. При поставке также измеряют влажность зерна при непосредственной отправке, а также при прибытии зерна на предприятие. Полученная информация учитывается при коммерческих расчетах

в приемном пункте. Таким образом, измерение влажности происходит не менее 6 раз.

При хранении зерна количество измерений влажности зависит от типа влажности, так влажность сухого и зерна средней сухости, при условии, что зерно находится в охлажденном состоянии, определяется один раз в месяц; влажность влажного и сырого зерна определяется чаще – один раз в 15 суток. Полученные данные сравниваются с нормами и принимается решение в дальнейших операциях с зерном [4].

Своевременное получение значения влажности зерна способствует сохранению количества и постоянному контролю качества зерна.

В статье [5] проводились исследования влияния влажности зерна гречихи на такие параметры, как натура зерна, механические характеристики, модуль упругости, плотность. Влажность должна контролироваться на всем пути перемещения зерна от начала сборки до послеуборочного хранения. Зерно, отправленное на хранение, оказавшееся влажным, т.е. не прошедшее послеуборочную обработку и сушку, имеет значительное отличие по характеристикам и свойствам в отличие от зерна, прошедшего послеуборочную обработку.

Для увеличения длительности хранения влажного зерна при отсутствии возможности сушки используют способ активного охлаждения. Резкое изменение температуры до 0 °С незначительно уменьшает влажность и дает возможность влажному зерну сохранить свои свойства и целостность много дольше.

Натура – отношение массы зерна к объему, который занимает зерно после свободной, равномерной и стабильной засыпки в измерительный контейнер [6].

По результатам исследования зависимости влажности зерна на его натуре можно сделать вывод, что с увеличением влажности, уменьшается натура (рисунок 1.4). Таким образом, чем выше влажность, тем меньшее количество зерна потребуется загрузить в емкость неизменного объема.

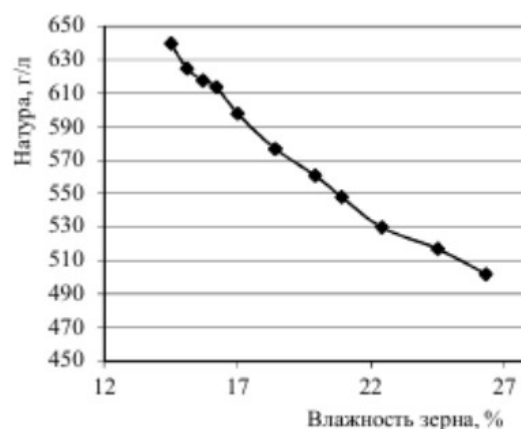


Рисунок 1.4 – Зависимость натуры зерна от влажности [5]

Определение механических характеристик зерна необходимы для выбора способа шелушения и очистки зерна. Зерно имеет пластическую деформацию. Оболочка зерна имеет наиболее твердую структуру нежели само ядро, поэтому при нагружении происходит перенос влаги зерна внутрь. Снижение показателей твердости сопровождается повышением пластичной деформации. Исследования показали, что деформация увеличивается с увеличением влажности зерна.

С увеличением влажности на поверхности ядра зерна его структура становится более гладкой, с уменьшением присутствуют вогнутости и шероховатость. Плотность ядра с увеличением влажности становится меньше (рисунок 1.5).

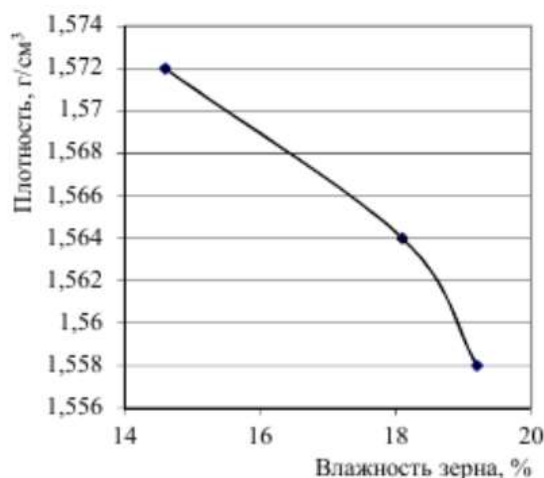


Рисунок 1.5 – Влияние влажности на плотность зерна[5]

Данные исследования показали, что небольшое изменение влажности (порядка одного процента) оказывает существенное воздействие на структурно-механические свойства зерна, поэтому необходим контроль влажности и использование различных видов сушек для достижения необходимых параметров для дальнейшей переботки зерна [5].

Интенсивность аэробного дыхания массы зерна приводит к его самовозгоранию, причиной которого является повышенная влажность и температура. При анаэробном дыхании самовозгорания не происходит, так как ограничивается поступление кислорода, однако такое дыхание ухудшает энергию прорастания и всхожесть зерна, поэтому используется в основном в кормовых целях [7].

1.4 Влияние влажности при дроблении зерна

Зерно является неотъемлемой частью рациона с/х животных в виде комбикорма. Комбикорм – смесь различных зерновых культур, которые проходят стадии очистки, измельчения и смешивания.

Такой параметр как влажность относится к нерегулируемым, его можно измерить, но повлиять без специализированных установок и методик невозможно. Резкое и значительное увеличение влажности пагубно влияет на механические свойства зерна, оно становится менее податливым обработке в дробильных машинах. Зерно сохраняет свои свойства и хрупкость при легком увлажнении (от 1,0 до 1,5 %). Смачивание зерна бывает необходимо для уменьшения пылеобразования.

При дроблении зерна влажность имеет влияние на качество измельченного продукта, а также расход энергии дробилок возрастает при увеличении влажности. Таким образом, по энергозатратам можно определить приемлемое значение влажности зерна. Однако, молотковое дробление наиболее эффективно при влажном зерне [8].

1.5 Методы измерения влажности

Методы измерения влажности делят на прямые и косвенные.

К прямым методам можно отнести – метод высушивания, дистилляционный метод, экстракционный метод и химический.

Метод высушивания заключается в удалении влаги до постоянного веса определенного количества зерна. Метод высушивания достаточно длительный процесс и может составлять от нескольких часов до нескольких суток, поэтому обычно используют ускоренные методы сушки (в среднем при температуре +130 °С длительность сушки составляет 40 минут). Температура имеет значительное влияние на удаление влаги из зерна. Определенную массу зерна помещают в сушильную камеру, подвергают тепловому воздействию определенной температуры на необходимое количество времени, после чего измеряют массу высушенного зерна и делают вывод о количестве влаги, содержащегося в зерне. Таким образом, при высушивании измеряется условная величина влажности, близкая к истинной.

Данный метод имеет ряд погрешностей, касающихся неполному удалению влаги из образцов, прошедших этап высушивания, так как данный результат соответствует равновесию между давлением водяных паров в материале и давлением водяных паров в воздухе. Присутствует вероятность разрушения оболочки зерен, что может привести к их порче.

Перечисленные погрешности можно избежать, используя сушку в вакууме при пониженной температуре. Однако для обработки в вакууме требуется специальное сложное и достаточно габаритное оборудование [7].

В работе [9] представлены результаты исследования зависимости влажности зерна от времени сушки для нескольких размеров толщины слоя зерна (2,5 см, 5 см и 8 см) при воздушно-тепловом методе высушивания (рисунок 1.6) и при использовании вакуумной камеры (рисунок 1.7).

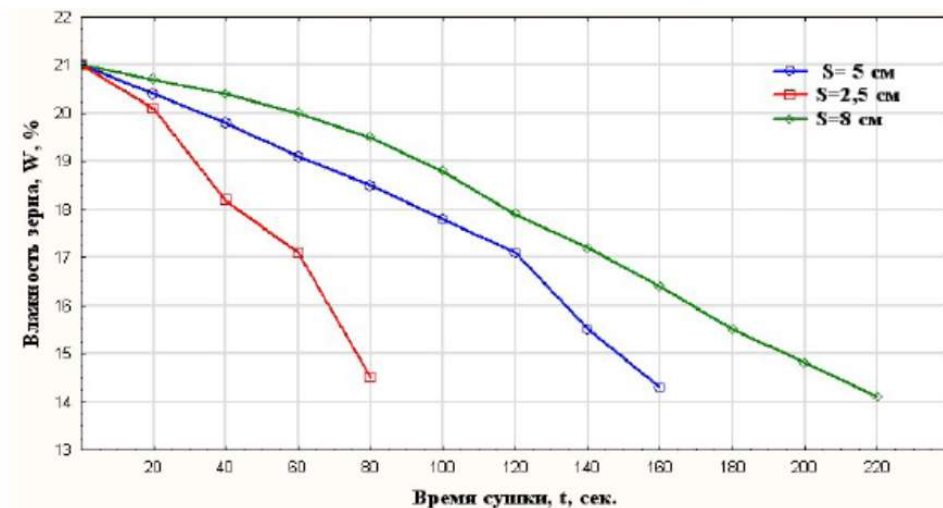


Рисунок 1.6 – Зависимость влажности зерна от времени сушки при воздушно-тепловом методе [9]

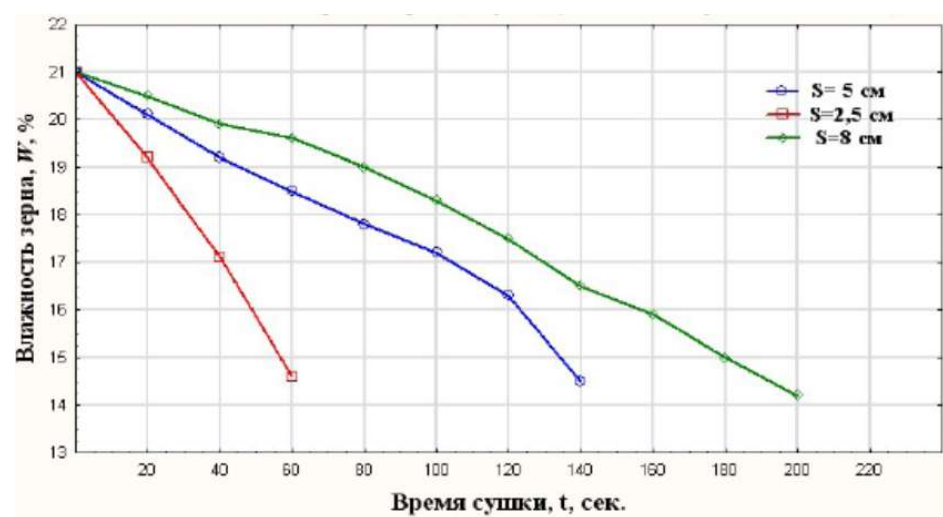


Рисунок 1.7 – Зависимость влажности зерна от времени сушки при использовании вакуумной камеры [9]

По результатам исследования можно видеть, что при использовании вакуумной камеры процесс высушивания происходит быстрее на 20 секунд и имеет более ровный, практически прямолинейный характер.

Дистилляционный метод заключается в подогреве определенного количества зерна с жидкостью, имеющей плотность выше, чем у воды, во избежание их смешивания. При нагреве пары воды и специальной жидкости поступают в измерительный сосуд, проходя через холодильник, где происходит

конденсация. Полученную массу конденсата воды измеряют и делают выводы о содержании влаги в испытуемом образце.

Химический метод заключается в оценке жидкого или газообразного продукта, полученного в результате химической реакции образца зерна с реагентом, оказывающим воздействие только на влагу, находящуюся внутри образца.

К косвенным методам относятся: механический, радиометрический, оптический и теплофизический.

Механические методы основываются на получении информации о содержании влажности в зерне под действием внешних воздействий, приводящих к изменению формы и геометрических размеров образца. Например, нагружение на зерно и дальнейшее фиксирование количества прикладываемого усилия и времени разрушения оболочки зерна или его сплющивание.

С помощью радиометрических методов исследуются состав, структура и свойства зерна при воздействии на него электромагнитных колебаний или ядерных излучений. О влажности зерна судят по результатам поглощения и рассеивания частиц излучений или колебаний атомами вещества зерна.

В оптическом методе для зерна используется видимая и инфракрасная области спектра, информацию получают по зависимости оптических свойств зерна от влаги.

Теплофизический метод основан на соотношении теплофизических свойств и влажности. К теплофизическим свойствам можно отнести удельную теплоемкость, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности.

В электрических методах измерения влажности определяют зависимость между параметрами материала при помещении его в электрическое поле. Также измеряют электрическую проводимость материала пропускавая через него ток, такой метод называют кондуктометрический.

Материалы, содержащие в себе влагу, но являющиеся сухими представляют собой диэлектрики, но в результате увлажнения их свойства

становятся близки к свойствам полупроводников. Следовательно, в зависимости от влажности изменяется удельное сопротивление материала. Неоднородное содержание влаги оказывает свое влияние на электропроводности материала и величине удельной проводимости [7].

1.6 Электрические методы измерения влажности

В электрических методах измерения влажности определяют зависимость между параметрами материала при помещении его в электрическое поле.

Материалы, содержащие в себе влагу, но являющиеся сухими представляют собой диэлектрики, но в результате увлажнения их свойства становятся близки к свойствам полупроводников. Следовательно, в зависимости от влажности изменяется удельное сопротивление материала. Неоднородное содержание влаги оказывает свое влияние на электропроводности материала и величине удельной проводимости [7].

Электрические методы разделяют на диэлектрические и кондуктометрические [10].

При кондуктометрическом методе измеряют электрическую проводимость материала пропуская через него ток. Результатом данного метода является определение влажности материала по известной зависимости от сопротивления. Такой метод наиболее чувствителен к температурным воздействиям, поэтому по специальной таблице сравниваются значения показания влагомера и значения из таблицы, где значение влажности указано с учетом температурной поправки [11]

В статье [12] представлен разработанный кондуктометрический датчик, позволяющий измерять значения влажности от 5 %, что является его главным преимуществом, так как известные кондуктометрические датчики способны измерять влажность от 8 %.

Особенностью такого датчика являются его форма и расположение электродов (рисунок 1.8). Два проводника, имеющих одинаковую длину и

неизменное расстояние относительно друг друга, нанесены при помощи фотолитографии на диэлектрическую подложку в виде спирали.

Электрическое сопротивление такого датчика прямо пропорционально удельному электрическому сопротивлению контролируемого материала, расстоянию между измерительными электродами и обратно пропорционально площади контакта электрода с контролируемым материалом. Таким образом, изменение сопротивления датчика определяется изменением влажности исследуемого материала.

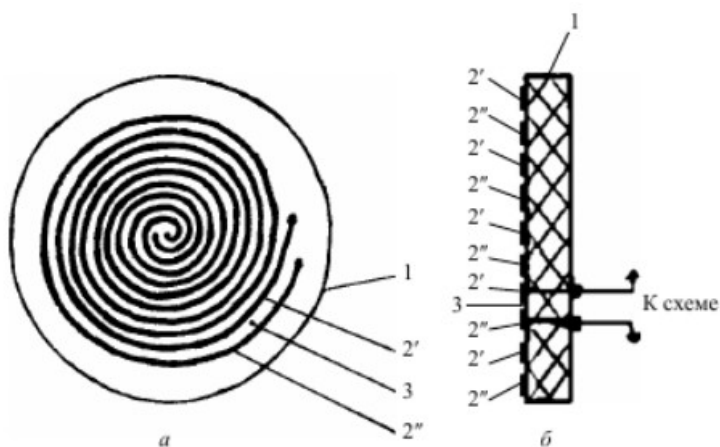


Рисунок 1.8 – Кондуктометрический датчик

(а – вид спереди; б – сечение преобразователя; 1 – диэлектрическая подложка; 2', 2'' – токопроводящие электроды; 3 – зазор между токопроводниками) [12]

Диэлектрический (емкостной) метод основан на разнице диэлектрической проницаемости воды и исследуемого материала. Отбирается проба определенного объема, в которую помещаются электроды емкостного датчика. Влагомер фиксирует емкость датчика с диэлектриком между обкладками в виде зерна и определяет содержание влаги. К преимуществам данного метода относится широкий диапазон измерения и высокая точность, т.к. диэлектрическая проницаемость воды составляет 81 Ф/м, а зерна от 2 до 10 Ф/м. Таким образом, даже небольшое изменение влажности оказывает существенное влияние на значение емкости [13].

Т.к. емкостной датчик является конденсатором, то его емкость определяется по следующей формуле [14]:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{\delta}, \quad (1.3)$$

где ε – относительная проницаемость диэлектрического материала;

ε_0 – диэлектрическая проницаемость в вакууме;

S – площадь пластины конденсатора;

δ – расстояние между пластинами конденсатора.

Как можно увидеть из формулы, повлиять на изменение емкости конденсатора можно либо изменением размеров пластин конденсатора и расстояния между ними, либо изменением диэлектрика, что повлияет на изменение диэлектрической проницаемости. Т.к. датчик представляет собой конечное изделие и повлиять на его размеры невозможно, то изменение емкости происходит только при помещении между пластинами датчика среды с различными характеристиками и параметрами.

В работе [15] представлено измерение влажности зерна при помощи емкостного датчика диэлькометрического типа. Емкостным датчиком является преобразователь, в котором изменение измеряемой величины преобразуется в изменение емкостного сопротивления. Данный тип датчиков имеет ряд преимуществ: высокая чувствительность, малые габариты, низкое энергопотребление, простота изготовления, использование для решения различных задач, малые усилия для перемещения датчика в измеряемой среде.

Емкостной датчик выполнен в виде двух равноудаленных электродов (медных пластин). Предложенный датчик в совокупности с калибровочным резистором представляют собой делитель напряжения. Изменение напряжения происходит при изменении сопротивления между пластинами, обусловленное изменением диэлектрической проницаемости среды между электродами.

Диэлькометрические датчики нашли свое применение в поточных влагомерах. В связи с тем, что зерновая масса непрерывно проходит через датчик, происходит износ электродов и увеличение погрешности измерений. В

работе [16] предложен метод измерения диэлектрической проницаемости зерновой массы без учета конструктивного параметра датчика. Метод заключается в получении результата измерения при определении разности емкостей, измеренных датчиком до прохождения зернового потока, т.е. с воздушной средой в качестве диэлектрика, и при прохождении зернового потока. Данное исследование помогает исключить необходимость частой калибровки измерительной части прибора при износе диэлькометрического датчика и сократить временные затраты на переналадку оборудования.

1.7 Влажность при математическом моделировании

При производстве зерна основными затратами являются затраты на послеуборочную обработку и сушку. Для их снижения ученые пытаются создать новые технологии и технологические комплексы, основываясь на математических моделях. Существуют математические модели, способные прогнозировать технологические и энергетические оценки операций послеуборочной обработки. Данные математические модели предполагают очистку зернового вороха и последующую сушку. Уравнения, составляющие основу данных математических моделей, включают в себя различные данные, как зерна, так и оборудования, основными являются влажность и засоренность зерновой массы, количество подаваемого зерна, режимы работы сушилки.

Таким образом, информация о влажности зерна является ключевой при составлении математических моделей для улучшения и создания новых технологий сушки и очистки зернового потока [17].

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

Темой выпускной квалификационной работы является разработка цифрового измерителя влажности зерна. Данное устройство предназначено для сельскохозяйственной сферы и может найти применение на всем пути зерна «поле – переработка», а именно при сборке зерна, транспортировке, хранении и перед началом переработки. Данное устройство может быть предназначено как для индивидуальных хозяйств, которые приобретают или заготавливают самостоятельно зерно для вскармливания животных, а также для переработки на собственные нужды, так и для промышленного применения, в частности при хранении. Данное устройство универсально и может быть использовано для различных зерновых культур.

Основываясь на областях применения устройства и цели заготовки зерновой массы (необходимый объем), проведена сегментация рынка, которая отражена в таблице 4.1.

Как видно из таблицы 4.1 низкий уровень конкуренции как при индивидуальном использовании, так и при массовом производстве наблюдается при сборке урожая, т.к. в основном определение влаги и поддержание ее в необходимых диапазонах наиболее важно при хранении и переработке. Также в промышленности применяются поточные и стационарные влагомеры, что увеличивает уровень конкуренции.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования использования цифрового измерителя влажности зерна

		Область применения			
		Сборка урожая	Транспортировка	Хранение	Начало переработки
Необходимость	Индивидуальная	Низкий уровень конкуренции	Низкий уровень конкуренции	Средний уровень конкуренции	Высокий уровень конкуренции
	Промышленная	Низкий уровень конкуренции	Средний уровень конкуренции	Высокий уровень конкуренции	Высокий уровень конкуренции

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Для сравнения были выбраны такие влагомеры, как влагомер MD7822 (K1) и влагомер HygroLiner MGP-30 (K2), т.к. они наиболее близки к собственной разработке и на данный момент являются одними из лучших представителей измерителей влажности на рынке. Сравнение проведено в форме таблицы и отражено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

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. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
3. Энергоэкономичность	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
4. Надежность	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
6. Простота эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
Экономические критерии эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	5	4	0,21	0,35	0,28
3. Цена	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18

Продолжение таблицы 4.2

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
6. Финансирование научной разработки	0,07	3	4	4	0,21	0,28	0,28
7. Срок выхода на рынок	0,05	2	4	4	0,1	0,2	0,2
Итого	1				4,36	4,47	3,96

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Собственные преимущества заключаются в более расширенном списке зерновых культур, влажность которых можно измерить, простота конструкции и удобный интерфейс.

Преимущества конкурентов заключаются в более глубоком проникновении на рынок и лучшем финансировании проекта.

4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (Quality Advisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающий качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его

технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. Оценка проведена в табличной форме (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,02	80	100	0,8	0,016
2. Помехоустойчивость	0,02	70	100	0,7	0,014
3. Надежность	0,04	80	100	0,8	0,032
4. Унифицированность	0,04	90	100	0,9	0,036
5. Уровень материалоемкости разработки	0,05	80	100	0,8	0,04
6. Уровень шума	0,02	90	100	0,9	0,018
7. Безопасность	0,03	90	100	0,9	0,027
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	85	100	0,85	0,0085
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	90	100	0,9	0,072
10. Простота эксплуатации	0,07	85	100	0,85	0,0595
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,08	90	100	0,9	0,072
12. Ремонтопригодность	0,06	70	100	0,7	0,042

Продолжение таблицы 4.3

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,07	60	100	0,6	0,042
14. Уровень проникновения на рынок	0,06	40	100	0,4	0,024
15. Перспективность рынка	0,08	80	100	0,8	0,064
16. Цена	0,07	90	100	0,9	0,063
17. Послепродажное обслуживание	0,05	60	100	0,6	0,03
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,07	70	100	0,7	0,049
19. Срок выхода на рынок	0,04	75	100	0,75	0,03
20. Наличие сертификации разработки	0,04	10	100	0,1	0,004
Итого	1				0,743

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.2)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения. Значение показателя $P_{cp} = 74,3$, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

4.1.4 SWOT-анализ

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

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ (таблица 4.4), в котором описаны сильные и слабые стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы при реализации проекта, которые могут проявиться в его внешней среде. Интерактивная матрица проекта, где указана степень влияния факторов друг на друга представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.4 – SWOT-анализ

	Сильные стороны НТИ: С1: Функциональные особенности; С2: Удобство в эксплуатации; С3: Отсутствие контакта человека с исследуемым образцом;	Слабые стороны НТИ: Сл1: Большое количество конкурентов за рубежом; Сл2: Значительные временные и интеллектуальные затраты.
--	---	---

Продолжение таблицы 4.4

	С4: Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	
<p>Возможности:</p> <p>В1: Небольшая конкуренция внутри страны;</p> <p>В2: Повышение стоимости конкурентных разработок;</p> <p>В3: Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>Небольшая конкуренция внутри страны позволит ускорить выход на рынок и занять большую долю отечественного рынка.</p> <p>Появление дополнительного спроса на продукт возможно благодаря использованию доступных технических средств разработки.</p>	<p>Привлечение новых потребителей и заказчиков позволит ускорить выход на рынок.</p> <p>Повышение квалификации персонала позволит увеличить темп работы над проектом.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1: Развитая конкуренция технологий производства за рубежом;</p> <p>У2: Отсутствие спроса на новые технологии производства;</p> <p>У3: Нехватка финансирования.</p>	<p>Развитая конкуренция разработчиков может привести к снижению конкурентоспособности продукта.</p> <p>Применение новых разработок и технологий позволит увеличить спрос на продукт.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии может замедлить срок выхода на рынок и понизить квалификацию персонала.</p> <p>Нехватка финансирования может отодвинуть срок выхода на рынок.</p>

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны				Слабые стороны	
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2
Возможности проекта	В1	+	-	-	+	+	-
	В2	-	+	+	+	+	-
	В3	+	-	-	+	0	-
Угрозы проекта	У1	+	-	-	+	+	+
	У2	+	-	-	-	+	+
	У3	-	-	-	+	0	+

Таким образом, сильные стороны проекта позволяют ускорить выход на отечественный рынок, а также, благодаря функциональным особенностям,

увеличить спрос на данный продукт. Однако, разрабатываемое устройство уязвимо перед конкуренцией с зарубежными производителями и низким уровнем финансирования.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При планировании научно-исследовательской работы необходимо определить структуры работ в рамках научного исследования, участников каждой работы, установить продолжительность работ, а также построить график проведения научных исследований.

Рабочая группа, участвующая в выполнении научных исследований, может варьироваться и состоять из научных сотрудников, преподавателей, инженеров, техников и лаборантов, численность которых также варьируется и устанавливается в зависимости от работ, которые необходимо выполнить данной группе исполнителей.

В таблице 4.6 представлены основные этапы работ, их содержание и исполнители.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Студент, Научный руководитель

Продолжение таблицы 4.6

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	2	Составление и утверждение технического задания	Студент, Научный руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Студент, Научный руководитель
Проектирование и разработка устройства	5	Построение электрической схемы	Студент, Научный руководитель
	6	Моделирование работы устройства	Студент
	7	Подбор компонентов	Студент, Научный руководитель
	8	Трассировка печатной платы	Студент
	9	Написание программного кода устройства	Студент
	10	Моделирование корпуса устройства	Студент
	11	Построение макетов и проведение экспериментов	Студент, Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	12	Анализ полученных результатов	Студент, Научный руководитель

Продолжение таблицы 4.6

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Обобщение и оценка результатов	13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, Научный руководитель
Оформление отчета	14	Составление пояснительной записки	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Одним из важных этапов в научном исследовании является определение трудоемкости работ каждого участника, т.к. трудовые затраты образуют основную часть стоимости разработки.

Трудоемкость выполнения работ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{min\ i} + 2 \cdot t_{max\ i}}{5}, \quad (4.3)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (4.4)$$

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

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

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным отображением графика проведения научного исследования является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Необходимо длительность каждого из этапов работ из рабочих дней перевести в календарные дни при помощи следующей формулы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.5)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таким образом, коэффициент календарности составляет:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 92 - 26} = 1,48. \quad (4.7)$$

В таблице Г.1 (приложение Г) представлены временные показатели проведения научного исследования. Предложены 2 варианта исполнения,

отличие которых заключается в количестве временных затрат на выполнение некоторых работ. На основании данных расчетов для максимального по длительности исполнения работ построен календарный план-график, представленный в таблице Д.1 (приложение Д).

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- а) Материальные затраты НТИ;
- б) затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- в) основная заработная плата исполнителей темы;
- г) дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- д) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- е) затраты на научные и производственные командировки;
- ж) контрагентные расходы;
- з) накладные расходы.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (4.8)$$

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

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента k_T , отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Материальные затраты

Наименование	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_M), руб.
Микроконтроллер ESP32	1	1300	1300
Емкостной датчик	1	100	100
Микросхема OP285GP	3	210	630
Керамический конденсатор	2	5	10
Пленочный конденсатор	4	20	80
Электролитический конденсатор	1	32	32
Резистор	20	2	40
Подстроечный резистор	2	80	160
Датчик температуры	1	400	400
Источник питания	1	150	150
Печатная плата	1	450	450
Разъем	1	10	12
Припой	1	250	250
Флюс	1	100	100
Итого			3714

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

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ.

Т.к. новое оборудование не закупалось, в виду того, что все необходимое уже имеется в наличии, необходимо произвести расчет амортизации основных производственных фондов. Для расчета амортизации необходимо использовать формулу расчета линейного метода начисления амортизации основных средств (ОС), которая имеет следующий вид:

$$A = \frac{\text{Стоимость ОС} \cdot \text{Норма амортизации}}{100 \%}. \quad (4.9)$$

Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Основные производственные фонды

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, руб.	Норма амортизации, %	Срок службы оборудования, год	Амортизация ежемесячная, руб/мес.
Блок питания	50000	10	10	417
Осциллограф	65000	10	10	542
Компьютер	35000	33,3	3	963
Паяльная станция	10000	6,67	15	56
Итого в месяц				1978
Итого за период исследования Исп.1 (9 месяцев)				17802
Итого за период исследования Исп.2 (8 месяцев)				15824

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата участников рабочей группы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, включает основную заработную плату и дополнительную:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.10)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.11)$$

где $Z_{осн}$ – 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:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.12)$$

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 4.9).

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	92	92
- праздничные дни	26	26
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	5	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	195	195

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.13)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	К.т.н	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	48	79872
Студент	-	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	176	292864
Исп.1 Итого $Z_{осн}$									372736
Руководитель	К.т.н	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	44	73216
Студент	-	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1664	158	262912
Исп.2 Итого $Z_{осн}$									336128

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет дополнительной заработной платы

Исп.	Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	$k_{\text{доп}}$	Дополнительная заработная плата, руб.
1	Руководитель	79872	0,12	9584,64
	Студент	292864	0,12	35143,68
	Итого $Z_{\text{доп}}$	44728,32		
2	Руководитель	73216	0,12	8785,92
	Студент	262912	0,12	31549,44
	Итого $Z_{\text{доп}}$	40335,36		

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.15)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, (З _{осн}), руб		Дополнительная заработная плата, (З _{доп}), руб	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Научный руководитель	79872	73216	9584,64	8785,92
Студент	292864	262912	35143,68	31549,44
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3			
Итого	Исп.1		Исп.2	
	125239,3		112939	

4.2.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Научные и производственные командировки не планируются проводиться на данном этапе работ.

4.2.4.7 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы, связанные с выполнением каких-либо работ в рамках исследования сторонними организациями, не потребуются.

4.2.4.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и

телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется следующей формулой:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

При величине коэффициента накладных расходов в размере 16 %, накладные расходы составят для исп.1 $Z_{\text{накл}} = 98303$ руб., для исп.2 $Z_{\text{накл}} = 89458$ руб.

4.2.4.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб		Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	
1. Материальные затраты НИИ	3714	3714	Пункт 4.2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	17802	15824	Пункт 4.2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	372736	336128	Пункт 4.2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	44728,32	40335,36	Пункт 4.2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	125239,3	112939	Пункт 4.2.4.5

Продолжение таблицы 4.13.

Наименование статьи	Сумма, руб		Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	
6. Затраты на научные и производственные командировки	0	0	Пункт 4.2.4.6
7. Контрагентские расходы	0	0	Пункт 4.2.4.7
8. Накладные расходы	98303	89458	16 % от суммы ст. 1-7
9. Бюджет затрат НТИ	662522,62	598398,36	Сумма ст. 1-8

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

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

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

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

Максимальная стоимость исполнения составляет 662522,62 руб., следовательно, интегральный финансовый показатель разработки для первого и второго исполнения составляет:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{662522,62}{662522,62} = 1, \quad (4.18)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{598398,36}{662522,62} = 0,9. \quad (4.19)$$

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.20)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

Продолжение таблицы 4.14

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
4. Энергосбережение	0,2	4	5
5. Надежность	0,25	5	5
6. Материалоемкость	0,15	5	5
ИТОГО	1		

Таким образом, показатель ресурсоэффективности равен:

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 4,8 \quad (4.15)$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 4,7 \quad (4.16)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4,8}{1} = 4,8, \quad (4.21)$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} = \frac{4,7}{0,9} = 5,2. \quad (4.22)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (4.23)$$

Тогда для 1 и 2 исполнений сравнительная эффективность равна:

$$\mathcal{E}_{ср1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{4,8}{5,2} = 0,92, \quad (4.24)$$

$$\mathcal{E}_{ср2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} = \frac{5,2}{4,8} = 1,08. \quad (4.25)$$

Сравнение эффективности разработок представлено в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,8	5,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,92	1,08

В ходе работы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен сравнительный анализ двух вариантов исполнения научно-исследовательской работы. Бюджет первого исполнения составил 662522,62 руб., а второго – 598398,36 руб. Исходя из сравнительной оценки эффективности и полученных результатов, можно сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом исполнения научно-исследовательской работы является 2 вариант, в котором уменьшено количество времени для этапов разработки цифрового измерителя влажности зерна.

5 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа направлена на автоматизацию процесса измерения влажности зерна, что позволит повысить точность и сократить время, затрачиваемое на измерения.

Измеритель влажности представляет собой устройство, чувствительным элементом которого является датчик влажности, представляющий собой два равноудаленных электрода. Электроды помещаются в измерительную емкость с определенным объемом зерновой массы, после чего на экране устройства загорается результат измерения.

Одним из основных направлений развития и совершенствования современных измерителей влажности зерна является точность и снижение затрат на производство.

Разработка устройства предполагает проектирование, моделирование и монтаж макета устройства.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны)

правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, имеет право на [27]:

- а) рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- б) обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- в) отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

г) обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

д) внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина – 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключающий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте [28].

Рабочее место сотрудника аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

5.2 Производственная безопасность

Разрабатываемое устройство подразумевает использование ПК и паяльной станции, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проектировании, разработке программной части устройства и изготовлении макета, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

При выборе потенциально возможных вредных и опасных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Факторы сформулированы и представлены в таблице 5.1 [29].

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке цифрового измерителя влажности зерна

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Разработка цифрового измерителя влажности зерна;	1. Повышенный уровень электромагнитных полей;	1. Поражение электрическим током	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
2) Создание макета с использованием паяльной станции	2. Недостаточная освещенность рабочей зоны;	2. Повышенный уровень пожароопасности при пайке	СанПиН 2.2.2.542-96
	3. Повышенный уровень шума на рабочем месте;		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
	4. Неудовлетворительный микроклимат;		СанПиН 2.2.4.1191-03 СП 52.13330.2011

Продолжение таблицы 5.1

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
	5. Повышенный уровень напряженности электростатического поля.		СанПиН 2.2.4.548-96 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 ГОСТ 30494-2011 СП 952-72

5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Электромагнитное излучение, напряженность электростатического поля.

При разработке измерителя влажности зерна основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является возможность поражения электрическим током. Использование ПК может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитных полей, повышенная напряженность электрического поля.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы»: ЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке [30].

Допустимые уровни электромагнитных и электростатических полей в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений, представленных в таблице 5.2 [31].

Таблица 5.2 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля	–	15 кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 5.2, соответствуют допускам СОУТ ТПУ 2019 [32].

Электробезопасность.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещается рабочее место с ЭВМ и паяльной станцией в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [33]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия [34]:

- а) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- б) проведение инструктажей и допуск к работе;
- в) надзор во время работы.

Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной аудитории 220 В. По опасности поражения электрическим током помещение 107а, 4 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20 °, с влажностью 40-50 %) [34].

Основными непосредственными причинами электротравматизма являются [34]:

- а) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- б) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящихся под напряжением;
- в) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- г) поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности. Работники, выполняющие пайку паяльником, должны иметь II группу по электробезопасности.

Не следует размещать рабочие места с ЭМВ вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ [30].

Таким образом, разработанные мероприятия обеспечивают безопасную эксплуатацию электроустановок в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, согласно ПУЭ [33].

Освещение.

В аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, имеется естественное (боковое одностороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения. В аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, в случаях работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно

устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк [34]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [34].

В качестве источников света применяются светодиодные светильники или металлогалогенные лампы, используемые в качестве местного освещения) [34].

Для рабочего места в паяльной станции необходимо местное освещение со светильниками с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящиеся элементы не попадали в поле зрения работников. Устройство для крепления светильников местного освещения должно обеспечивать фиксацию светильника во всех необходимых положениях. Подводка электропроводов к светильнику должна находиться внутри устройства. Открытая проводка не допускается [35].

Нормируемые показатели освещения в помещениях жилых зданий приведены в таблице Е.1 (Приложение Е).

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 освещение в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, соответствует допускам СОУТ ТПУ 2019 [32].

Шум.

При работе с ЭВМ в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы. В таблице Ж.1 (Приложение Ж) приведены предельно допустимые уровни звуковых параметров типичные для рассматриваемой трудовой деятельности [36].

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 уровень шума в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, не более 80 дБА и соответствует допускам СОУТ ТПУ 2019 [32].

Микроклимат.

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, независимо от наружных условий оптимальных значений

температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Аудитория 107а, 4 корпуса ТПУ, является помещением I б категории. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) представлены в таблицах 5.3 и 5.4 [31].

Таблица 5.3 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Iб	22-24	21-25	40-60	0,1

Таблица 5.4 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 микроклимат аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ соответствует допускам СОУТ ТПУ 2019 [32].

Повышенная температура изделий.

Во время работы с паяльной станцией во избежание получения травм и ожогов необходимо соблюдать «Межотраслевую типовую инструкцию по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником» [35]. Согласно данной инструкции необходимо соблюдать следующие указания [35]:

1. К выполнению работ по пайке паяльником допускаются работники в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний по охране труда, освоившие безопасные методы и приемы выполнения работ, методы и приемы правильного обращения с приспособлениями, инструментами и грузами;

2. Работники, выполняющие пайку паяльником, должны иметь II группу по электробезопасности;

3. В случае возникновения в процессе пайки паяльником каких-либо вопросов, связанных с ее безопасным выполнением, работник должен обратиться к своему непосредственному или вышестоящему руководителю;

4. Работники, занятые пайкой паяльником, обязаны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка организации;

5. Работники, занятые пайкой паяльником, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты;

6. Работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей должны проводиться при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания;

7. Паяльник должен проходить проверку и испытания в сроки и объемах, установленных технической документацией на него;

8. Класс паяльника должен соответствовать категории помещения и условиям производства;

9. Кабель паяльника должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими деталями.

В аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, в рабочей зоне с паяльной станцией присутствует местная вытяжная вентиляция, дополнительное искусственное освещение, а также приборы, позволяющие закреплять или держать элементы предназначенные для пайки, что ограничивает возможность контакта поверхности кожи человека с нагретыми элементами конструкции печатного узла.

5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Измеритель влажности зерна представляет собой печатный узел и медные электроды. С точки зрения влияния на окружающую среду можно рассмотреть влияние устройства при его утилизации.

Большинство компьютерной техники содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы [37]. Это очень вредные вещества, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

1. На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.

2. Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация.

3. Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.

4. Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии.

5. Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.

6. Получается специальная официальная форма, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах. [38]

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также проектирование и моделирование работы устройства с помощью различных программных комплексов. Таким образом, процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

ЧС – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям, согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 [39].

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Так как объект исследований представляет из себя печатный узел, сборка которого осуществляется при помощи паяльной станции, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар в аудитории с используемой паяльной станцией в период сборки устройства. В аудитории 107, 4 корпуса ТПУ, применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом, возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности. К примеру, замыкание электропроводки – в большинстве случаев тоже человеческий фактор. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в рабочей комнате:

а) Согласно СП 5.13130.2009 предел огнестойкости помещения должен быть следующим: перегородки - не менее REI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня;

б) При разработке проекта необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13130.2009);

в) Согласно СП 5.13130.2009 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

г) Работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей должны проводиться при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 107а, 4 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

а) обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);

б) пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

в) обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 107, 4 корпуса ТПУ, оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е). В таблице 5.5 приведены типы огнетушителей, используемых при возгорании в электроустановках.

Таблица 5.5 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	Порошковый (серии ОП)
До 10,0	Углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 4 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

Заключение

В ходе выполнения ВКР был произведен теоретический обзор методов измерения влажности зерна, разработана схема электрическая принципиальная, а также создана 3D-модель печатного узла. Описан принцип работы устройства и проведено моделирование в NI Multisim. В программной среде Arduino IDE создан интерфейс устройства, позволяющий выбирать необходимую зерновую культуру для непосредственного измерения влажности.

Планируется продолжить работу в данном направлении: собрать отдельные части устройства в единое; написать программный код, при помощи которого напряжение на выходе измерительной схемы будет преобразовываться в процентное отображение влажности исследуемой зерновой массы на экране устройства.

Список используемых источников

1. Вобликов Е.М. Послеуборочная обработка и хранение зерна/ Е.М. Вобликова, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов, А.С. Прокопец. – Ростов н/Д: издательский центр «МарТ», 2001. – 240 с.
2. Бородин И.Ф. Связь между электрическими параметрами зерновой массы и влажностью: сб. науч. тр. / И.Ф. Бородин, В.Н. Столбов, В.И. Загинайлов. – М.: МИИСП, 1997. – Т.14. – Вып. 13. – С. 12–14.
3. Пиляева О.В. Исследования по определению тепловлажностных характеристик плотного слоя зерна/ Эпоха науки №8. – 2016. С. 131 – 135.
4. Нилова Л.П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров: учебник / Л.П. Нилова. – 2-е изд. – М.: НИЦ инфра-м, 2014. – 452 с.
5. В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин. Технологические свойства влажного и сырого зерна гречихи/ Техника и технология пищевых производств. – Т. 38. – №3. – 2015. С. 35 – 40.
6. ГОСТ 10840 – 2017. Зерно. Метод определения природы.
7. Ефремова Е.Н. Хранение и переработка продукции растениеводства: учебное пособие/ Е.Н. Ефремова, Е.А. Карпачева. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2015. – 148 с.
8. Нечаев В.Н. Влияние некоторых параметров на рабочий процесс дробилок зерна/ Вестник НГИЭИ – №6 (49). – 2015. – 92 с.
9. Анисимов А.В. Экспериментальное моделирование процессов подсушивания зерна в СВЧ-поле при подготовке к помолу/ Молочнохозяйственный вестник – №2 (26). – 2017. С. 80 – 90.
10. С.И. Савосин, В.В. Солдатов. Выбор методов для автоматизированного контроля влажности сельскохозяйственных объектов/ Вестник РГАЗУ. – 2014. С.15 – 16.
11. Лыков А.Г. Исследование и обоснование структуры электронного устройства контроля влажности зерна. ДонГТУ. – 2001. С. 5 – 7.

12. С.И. Савосин, В.В. Солдатов. Автоматизация контроля влажности зерна при его хранении. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – №3. – 2008. С. 28 – 30.
13. Методы и средства измерения влажности твердых и сыпучих тел. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://chimbiolab.ru/novosti-i-stati/Metodi_i_sredstva_izmerenia_vlazhnosti.html. (Дата обращения: 13.04.2020).
14. Емкостной датчик: устройство и принцип работы. Емкостные датчики: применение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fb.ru/article/164324/emkostnoy-datchik-ustroystvo-i-printsip-raboty-i-emkostnyie-datchiki-primeneniie>. (Дата обращения: 02.03.2020).
15. Т.В. Чуприна, Т.М. Игнатова, С.С. Гринько. Учебно-измерительный комплекс для изучения работы емкостных сенсоров. Биомедицинская инженерия и электрона. – 2014. С. 31 – 38.
16. С.С. Галушкин. Диэлькометрический измеритель влажности сыпучих сред. Записки горного института СПГУ. Т.178. –2008. С. 130 – 134.
17. В.Д. Галкин, А.Д. Галкин, С.В. Галкин, И.П. Менгалиев. Математические модели нормализации зернового вороха по засоренности и влажности и технология его предварительной очистки и сушки/ Пермский аграрный вестник. – №3 (7). – 2014. С. 23 – 31.
18. Operational Amplifier. OP285: Datasheet [Электронный ресурс]/ Electronic components datasheet search. Режим доступа: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/49050/AD/OP285GP.html>, свободный. Дата обращения: 20.09.2019.
19. Операционные усилители с однополярным питанием: примеры применения. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/135155>. Дата обращения: 15.03.2020.
20. Генераторы треугольных импульсов на ОУ. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://www.electronicblog.ru/usilitelnaya-sxemotexnika/generatory-treugolnyx-impulsov-na-ou.html>. Дата обращения: 5.03.2020.

21. И.С. Ремпен, Е.Н. Егоров, А.Н. Савин, В.И. Пономоренко. Операционные усилители. Часть 2. Некоторые функциональные схемы: учебно-методическое пособие. Саратов, 2011. – 14 с.
22. Операционные усилители. Часть 2. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://www.radiokot.ru/start/analog/basics/18/>. Дата обращения: 13.04.2020.
23. Степанов А.В. Синхронный детектор: учебное пособие. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1997. – 14 с.
24. Разновидности полевых транзисторов. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://pue8.ru/silovaya-elektronika/842-raznovidnosti-polevykh-tranzistorov.html>. Дата обращения: 21.03.2020.
25. Digital Thermometer DS18B20. Datasheet [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://mypractic.ru/downloads/pdf/DS18B20.pdf>, свободный. Дата обращения: 16.02.2020.
26. ESP32 Series. Datasheet [Электронный ресурс]/ Режим доступа: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf, свободный. Дата обращения: 20.04.2020.
27. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).
28. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования, 2001.
29. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.
30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003.
31. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003.

32. Специальная оценка условий труда в Томском политехническом университете, 2019.
33. Правила устройства электроустановок. 7-е издание, 2003.
34. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение, 2011.
35. ТИ Р М-075-2003. Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником, 2003.
36. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996.
37. Химия для электроники [Электронный ресурс]/ Режим доступа: https://www.kit-e.ru/articles/device/2002_2_132.php, свободный. Дата обращения: 03.04.2020.
38. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.
39. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий, 2016.
40. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.

Приложение В

(обязательное)

```
#include "Wire.h"
#include "SSD1306Wire.h"
#include "images.h"

const int Bt1 = 21;
const int Bt2 = 17;
const int Bt3 = 16;
int ty = 0;
int BtSt1 = 0;
int BtSt2 = 0;
int BtSt3 = 0;

SSD1306Wire display(0x3c, 5, 4);

void setup() {
  display.init();
  display.flipScreenVertically();
  display.setFont(ArialMT_Plain_16);

  pinMode(Bt1, INPUT);
  pinMode(Bt2, INPUT);
  pinMode(Bt3, INPUT);
  Serial.begin(115200);
}

void drawFontFaceDemo() {
  display.setFont(ArialMT_Plain_16);
  display.drawString(8, 0, "Wheat");
```

```

    display.drawString(8, 15, "Buckwheat");
    display.drawString(8, 30, "Rice");
    display.drawString(8, 45, "Barley");
    display.drawString(0, ty, ">");
}
void loop() {
    display.clear();
    drawFontFaceDemo();
    display.display();
    BtSt1 = digitalRead(Bt1);
    Serial.println(BtSt1);
    BtSt2 = digitalRead(Bt2);
    Serial.println(BtSt2);
    BtSt3 = digitalRead(Bt3);
    Serial.println(BtSt3);
    if (BtSt1 == HIGH) {
        if (ty == 0) {
            display.clear();
            display.setFont(ArialMT_Plain_24);
            display.drawString(25, 25, "14,0%");
            display.display();
            delay(10000);
        }
        if (ty == 15) {
            display.clear();
            display.setFont(ArialMT_Plain_24);
            display.drawString(25, 25, "15,3%");
            display.display();
            delay(10000);
        }
    }
}

```

```

if (ty == 30) {
    display.clear();
    display.setFont(ArialMT_Plain_24);
    display.drawString(25, 25, "13,8%");
    display.display();
    delay(10000);
}
if (ty == 45) {
    display.clear();
    display.setFont(ArialMT_Plain_24);
    display.drawString(25, 25, "14,7%");
    display.display();
    delay(10000);
}
}
if (BtSt2 == HIGH) {
    ty = ty-15;
    delay(500);
    if (ty < 0) {
        ty = 45;
    }
}
if (BtSt3 == HIGH) {
    ty = ty+15;
    delay(500);
    if (ty > 45) {
        ty = 0;
    }
}
}
}
}

```

Приложение Г

(обязательное)

Таблица Г.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни				T_{pi}		T_{ki}	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Выбор направления исследования	2	2	7	5	4	3,2	2	2	2	1,6	3	2
Составление и утверждение технического задания	5	5	14	14	8,6	8,6	2	2	4,3	4,3	6	6
Подбор и изучение материалов по теме	20	15	30	25	24	19	1	1	24	19	36	28
Календарное планирование работ по теме	2	2	7	7	4	4	2	2	2	2	3	3

Продолжение таблицы Г.1

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни				T_{pi}		T_{ki}	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Построение электрической схемы	20	15	30	20	24	17	2	2	12	8,5	18	13
Моделирование работы устройства	5	5	15	15	9	9	1	1	9	9	13	13
Подбор компонентов	5	5	15	10	9	9	2	2	4,5	4,5	7	7
Трассировка печатной платы	10	10	25	20	16	14	1	1	16	14	24	21
Написание программного кода устройства	30	30	45	45	36	36	1	1	36	36	53	53
Моделирование корпуса устройства	20	20	35	30	26	24	1	1	26	24	39	36

Продолжение таблицы Г.1

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни				T_{pi}		T_{ki}	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Построение макетов и проведение экспериментов	20	20	35	35	26	26	2	2	13	13	19	19
Анализ полученных результатов	10	10	20	20	14	14	2	2	7	7	10	10
Оценка эффективности полученных результатов	3	3	10	10	5,8	5,8	2	2	2,9	2,9	4	4
Составление пояснительной записки	15	10	20	15	17	12	1	1	17	12	25	18
Итого											260	233

Приложение Е
(обязательное)

Таблица Е.1 [33] – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий.

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации K_p , %, не более
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении			
Кабинеты	Г-0,0	3,0	1,0	1,8	0,6	300	-	$\leq 5\%$ (работа с ЭВМ) $\leq 20\%$ (при работе с документацией)

Приложение Ж

(обязательное)

Таблица Ж.1 [35] – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

N пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50