

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ БЕСКОНТАКТНЫМ МЕТОДОМ ПО ТОЧКЕ РОСЫ

УДК 504.5:631.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E21	Иваненкова Анна Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Кагиров Артур Геннадьевич	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента ИСГТ ТПУ	Шулинина Юлия Игоревна	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

Томск – 2017

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</b>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-5, ОК-11, ОПК-2), Критерий 5 АИОР <sup>1</sup> (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ОК-15, ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-16, ПК-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения  
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность  
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Романенко С.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

<b>бакалаврской работы</b>
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E21	Иваненковой Анне Евгеньевне

Тема работы:

<b>Экологический мониторинг влажности почвы бесконтактным методом по точке росы</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	676/с от 06.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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 исследования является почвенный слой, методом исследования является метод точки росы для определения влажности воздуха в почве, положенный в основу разработки измерительного комплекса для мониторинга влажности почвы.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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>Обзор литературы по разделам:                  Влажность почвы и актуальность ее определения; способы и методы измерения влажности почвы; основные характеристики влажности почвы; метод точки росы.</p> <p>Главной задачей работы является получение макета измерительного комплекса для определения влажности почвы методом точки росы. В результате работы должно быть дано представление:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• о преимуществах измерительного комплекса;</li> <li>• о качественных характеристиках работоспособности измерительного комплекса;</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент кафедры менеджмента ТПУ, Шулилина Юлия Игоревна
Социальная ответственность	Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ТПУ, к.т.н., Романцов Игорь Иванович
Иностранный язык	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ТПУ	Кагиров Артур Геннадьевич	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1Е21	Иваненкова Анна Евгеньевна		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность): 20.03.01 Техносферная безопасность

Уровень образования: Бакалавриат

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**

**Выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполняемой работы:	16.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2017	Получение задания, определение этапов разработки	<b>8</b>
18.02.2017	Обзор литературы	<b>8</b>
12.03.2017	Заготовка образцов почвы по ГОСТ 28268-89	<b>10</b>
19.03.2017	Определение времени установления равновесной влажности	<b>10</b>
31.03.2017	Определение площади открытой поверхности корпуса прибора	<b>10</b>
17.04.2017	Определение градуировочного коэффициента зависимости влажности воздуха от влажности почвы	<b>10</b>
14.05.2017	Измерение абсолютной влажности разных типов почв	<b>10</b>
24.05.2017	Верификация разработанного измерительного комплекса	<b>8</b>
27.05.2017	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	<b>9</b>
29.05.2017	Раздел «Социальная ответственность»	<b>9</b>
01.06.2017	Заключение	<b>8</b>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ИНК	Кагиров Артур Геннадьевич	Кандидат технических наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E21	Иваненковой Анне Евгеньевне

<b>Институт</b>	<b>ИнЭо</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 23100 руб. Оклад инженера – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Определение эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Оценочная карта конкурентных технических решений*
2. *График Гантта*
3. *Расчет бюджета затрат НИ*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент кафедры менеджмента ТПУ	Шулинина Юлия Игоревна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1E21	Иваненкова Анна Евгеньевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1Е21	Иваненковой Анне Евгеньевне

<b>Институт</b>	<b>ИнЭо</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и область его применения	<i>Рабочее место лаборанта, находящееся в лаборатории 256 8-го корпуса ТПУ</i>
---	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<b>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью;</li> <li>– предлагаемые средства защиты</li> </ul> <p><i>Выявленные вредные факторы производственной среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Метеоусловия</li> <li>• Освещение</li> <li>• Шум</li> <li>• Электромагнитные поля</li> <li>• Психофизиологические вредные факторы</li> </ul>
<b>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность.</li> </ul>
<b>3. Охрана окружающей среды:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>
<b>4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– инструктаж</li> <li>– правила хранения и эксплуатации материалов и приборов</li> </ul>
<b>5. Защита в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– анализ потенциально-опасных производственных объектов, располагающихся в непосредственной близости к рабочему месту</li> </ul>
<b>6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ ТПУ	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1Е21	Иваненкова Анна Евгеньевна		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 18 таблиц, 14 рисунков, 38 источников.

Ключевые слова: абсолютная влажность почвы, относительная влажность воздуха, метод точки росы.

Объектом исследования является почвенный слой, методом исследования является метод точки росы для определения влажности воздуха в почве, положенный в основу разработки измерительного комплекса для мониторинга влажности почвы.

Цель работы – разработка измерительного комплекса для определения абсолютной влажности почвы.

В процессе исследования проводились: заготовка образцов почвы по весовому методу; измерение относительной влажности воздуха электронно-цифровым датчиком; расчет площади открытой поверхности корпуса прибора; определение абсолютной влажности почвы разработанным прибором.

В результате работы был разработан макет измерительного прибора по методу точки росы, для определения абсолютной влажности почвы. Построен график зависимости относительной влажности воздуха от абсолютной влажности почвы, на основании которого выведено уравнение градуировки данных показателей. Проведен сравнительный анализ рабочих характеристик и показателей при определении влажности почвы методом точки росы и термостатно-весовым методом, в результате которого была доказана эффективность применения разработанного прибора.

Область применения: полученный макет измерительного комплекса может быть использован на практике для определения влажности почвы, при выращивании различных культурных растений. Так как прибор небольших размеров, мобилен, прост в использовании, экономически эффективен, а так же имеет быструю скорость измерения, его могут использовать как крупные сельскохозяйственные предприятия, так и малые фермерские хозяйства.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

### Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Точка росы — значение температуры газа, при которой водяной пар, содержащийся в газе, охлаждаемом изобарически, становится насыщенным над плоской поверхностью воды

Абсолютная влажность — это общее количество воды в почве, выраженное в процентах по отношению к массе почвы.

Относительная влажность воздуха — отношение парциального давления паров воды в газе к равновесному давлению насыщенных паров при данной температуре.

Модуль Пельтье — это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье — возникновении разности температур при протекании электрического тока.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ .....	14
1.1. Актуальность темы .....	14
1.2. Цель работы.....	14
1.3. Научная новизна и практическая значимость работы .....	15
2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	16
2.1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ .....	16
2.1.1. Контактные методы .....	16
2.1.1.1. Прямой (термостатно-весовой) метод .....	17
2.1.1.2. Косвенные методы определения влажности почвы.....	18
2.1.1.2.1. Тензиометрический метод.....	18
2.1.1.2.2. Другие косвенные методы.....	19
2.1.2. Дистанционные методы.....	20
2.1.2.1. Метод регистрации гамма-излучения почвы .....	21
2.1.2.2. Метод регистрации теплового излучения почвы .....	21
2.1.2.3. Метод регистрации деполяризации радиоволн.....	22
2.2. МЕТОД ТОЧКИ РОСЫ .....	23
2.2.1. Факторы, влияющие на эффективность работы модуля Пельтье (термоэлектрического модуля ТЭМ).....	24
2.2.2. Достоинства и недостатки модулей Пельтье.....	24
2.3. ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ .....	25
3. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
4. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА .....	32
4.1. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ТОЧКИ РОСЫ .....	32

4.1.1. Описание разработанного комплекса .....	32
4.1.2. Заготовка образцов почвы .....	34
4.1.3. Измерение абсолютной влажности в заготовленных образцах по ГОСТ 28268-89 .....	35
4.1.4. Определение времени установления равновесной влажности цифровым электронным датчиком влажности воздуха .....	37
4.1.5. Определение площади открытой поверхности корпуса прибора.....	39
4.2. ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИБОРА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ТОЧКИ РОСЫ .....	41
4.2.1. Определение градуировочного коэффициента зависимости относительной влажности воздуха от абсолютной влажности почвы .....	41
4.2.2. Измерение абсолютной влажности разных типов почв .....	44
5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....	45
6. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ».....	46
6.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	46
6.1.2. Анализ конкурентных технических решений .....	47
6.1.3. SWOT-анализ .....	48
6.2. Планирование научно-исследовательских работ .....	50
6.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	50
6.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....	51
6.2.3. Разработка графика проведения научного исследования .....	52
6.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	54
6.3.1. Расчет материальных затрат НТИ .....	55

6.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы .....	56
6.3.3. Дополнительная заработная плата .....	58
6.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	58
6.3.5. Накладные расходы .....	59
6.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	60
6.4. Определение эффективности исследования .....	60
7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	62
7.1. Вредные факторы производственной среды.....	62
7.1.1. Метеоусловия .....	63
7.1.2. Освещение.....	64
7.1.3. Шум.....	65
7.1.4. Электромагнитные поля.....	66
7.1.5. Психофизиологические вредные факторы.....	66
7.2. Опасные факторы производственной среды.....	66
7.2.1. Электробезопасность.....	66
7.2.2. Пожаровзрывобезопасность.....	68
7.3. Охрана окружающей среды .....	69
7.3.1. Защита атмосферы.....	69
7.3.2. Защита гидросферы .....	69
7.3.3. Защита литосферы.....	70
7.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	70
7.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	71
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1. Актуальность темы

Достаточное количество влаги в почве, которая необходима культурным растениям для удовлетворения потребности в ней, является одним из важнейших факторов урожайности этих растений. А в некоторых засушливых районах, почвенная влага является решающим фактором жизни растений.

Не имея возможности точно и регулярно измерять влажность почвы, фермеры применяют избыточный полив, когда значительная часть влаги уходит обратно глубоко в землю. Таким образом создается огромная излишняя циркуляция воды, зачастую приводящая к эрозии почвы и потребности вносить дополнительные удобрения.

## 1.2. Цель работы

Целью данной работы является разработка измерительного комплекса для определения абсолютной влажности почвы. В разработке предлагается использовать метод точки росы для определения влажности.

Для реализации данной цели, необходимо решить ряд задач:

1. Освоение весового метода измерения влажности почвы, ГОСТ 28268-89
2. Разработка измерительного комплекса, на основе метода точки росы.
3. Выявление работоспособности и основных характеристик разработанного комплекса.
4. Сравнение и анализ весового метода измерения влажности почвы и метода точки росы.

### **1.3. Научная новизна и практическая значимость работы**

Разработан новый измерительный комплекс для определения влажности почвы. В результате, разработанная установка (опытный образец) обеспечит значительно более высокую степень автоматизации, по сравнению с весовыми методами лабораторного анализа, а так же снизит расходы предприятия, позволит контролировать качество полива различных видов растений.

## **2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **2.1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ**

Для определения влажности почвы существует много различных методов. Это объясняется тем, что человек всегда стремится найти более точный, быстрый и простой способ определения требуемого параметра.

До появления современных приборов и технологий использовался контактный метод определения влажности почвы. После, когда новые технологии стали использоваться в метеорологии, а свойства земли и минералов содержащихся в ней позволили расширить диапазон измерений, появились дистанционные методы измерения влажности почвы.

В мелиоративной практике существует много способов определения влажности почвы. По скорости определения их можно разделить на две группы. В одну группу входят методы, для которых характерен большой объем трудоемкости, при отборе почвенных проб. Эти методы используются в исследованиях, которые предполагают наличие лабораторных условий. Среди них самое большое распространение имеет термостатно-весовой метод, он достаточно трудоемкий, но дает точные результаты и не требует специализированных сложных устройств.

#### **2.1.1. Контактные методы**

Контактные методы заключаются в непосредственном взаимодействии с почвой. Они разделяются на прямые методы и косвенные. Прямые методы основываются на извлечении воды из вещества и дальнейшем сравнении характеристик. В косвенных методах определяется величина, которая связана с влажностью исследуемой почвы по какой-либо зависимости. Эти методы требуют заранее проведенной калибровки с целью установления зависимости между параметрами влажности почвы и измеряемой величиной.



Все косвенные методы калибруются на основе данных, полученных прямым методом.

### 2.1.1.1. Прямой (термостатно-весовой) метод

В прямых методах производится разделение почвы на сухое вещество и влагу. Этот метод включает в себя измерение влагосодержания и влажности путем соотношения масс. Влагосодержанием называют абсолютную влажность, а под влажностью понимают относительную влажность. Полученная величина в обоих случаях является безразмерной.

Влагосодержание высчитывается следующим уравнением:

$$V = \frac{M_{H_2O}}{M_{\text{сух.почв}}} \quad (1)$$

где  $M_{H_2O}$  - масса воды, кг;  $M_{\text{сух.почв}}$  - масса сухой почвы, кг.

При необходимости выразить влагосодержание в процентах, формула принимает следующий вид:

$$V = \frac{M_{H_2O}}{M_{\text{сух.почв}}} 100\% \quad (2)$$

Влагосодержание может принимать значения от 0% до бесконечности. Влажность высчитывается следующим уравнением:

$$W = \frac{M_{H_2O}}{M_{\text{влажн.почв}}} \quad (3)$$

где  $M_{H_2O}$  - масса воды, кг;  $M_{\text{влажн.почв}}$  - масса влажной почвы, кг.

Так же как и влагосодержание, влажность можно выразить в процентах:

$$W = \frac{M_{H_2O}}{M_{\text{влажн.почв}}} 100\% \quad (4)$$

Влажность может принимать значения от 0 до 100%.

Данный метод описан в ГОСТе 28268-89. [1]

Однако, недостатком термостатно-весового метода определения влажности почвы являются большие затраты труда, времени и электроэнергии, что связано с многократным взвешиванием образца почвы и ее продолжительной сушкой в сушильном шкафу.

#### **2.1.1.2. Косвенные методы определения влажности почвы**

Косвенные методы - это методы, где используются физические характеристики почвы, зависящие от влажности или ее среды. В этих методах оценка влажности исследуемой почвы определяется по изменению ее различных параметров. К ним следует отнести механические методы, которые основаны на измерении механических характеристик твердых материалов изменяющихся с влажностью. Такие методы требуют заранее проведенной калибровки прибора с целью установления зависимости между влажностью почвы и исследуемой физической величиной.

##### **2.1.1.2.1. Тензиометрический метод**

В последнее время при разработке режимов орошения наибольшей оперативностью выделяется тензиометрический метод.

Тензиометр — приборы для измерения поверхностного и межфазного натяжения, при измерении влажности почвы, определяет капиллярную (матричную) составляющую потенциала влажности почвы. Чаще всего состоит из керамической тонкопористой пластины (свечи), пластиковой или стеклянной трубки, которая заполнена водой и вакуумметра. В этой системе должен отсутствовать воздух, и она должна быть герметична. Обычно вакуумметр устанавливается на отдельном колене трубки, а другой конец которой закрывается пробкой, необходимой для удаления воздуха и добавления воды.

Тензиометр применяется как и в научных исследованиях, так и на

производстве. Например, с помощью него может производиться непрерывный мониторинг за влажностью почвы и, как только она становится ниже допустимого уровня, запускается полив. Возможна и полная автоматизация данного процесса.

Первые тензиометры предложил использовать американец Бартон Е. Ливингстон для автоматизации полива рассады в закрытом грунте в 1908 году. Однако, ещё в 1848 году, американец Дж. Бабинет говорил об устройстве на основе керамической свечи для автоматического полива растений, возможно, это и был первый тензиометр. Распространение в мире тензиометры получили с начала с 1920-х годов.

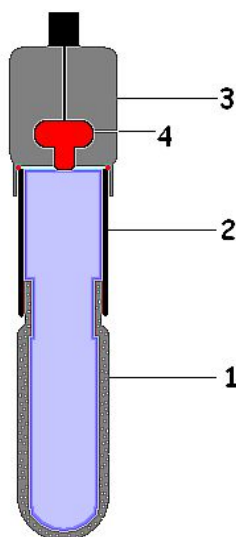


Рисунок 1 – Схема устройства тензиометра

1—керамическая тонкопористая свеча, 2—трубка, заполненная водой, 3—герметичная крышка, 4—устройство для измерения давления.

В настоящее время тензиометры активно используются для создания автоматизированных систем определения влажности почвы и ее орошения. Однако данные системы высоки в цене.

#### 2.1.1.2.2. Другие косвенные методы

- В электрических методах рассматривается прямая зависимость электрических свойств почвы от изменения влажности: диэлектрическая

проницаемость, электропроводность, а также диэлектрическая проницаемость буферной промежуточной среды - влагообменника, взаимодействующего с почвой его окружающей. Проблематика данного метода заключается в том, что электрическое сопротивление земли зависит не только от ее влагосодержания, но и от плотности, плохого контакта между электродами и почвой, химического состава, процесса градуировки, температуры почвенных растворов;

- Определение влажности во взятых образцах земли по поглощению радиоизлучений состоит в следующем: между радиопередатчиком и приемником располагают воду или влагосодержащий материал. Снижение радиосигнала, улавливаемого радиоприемником, непосредственно зависит от толщины используемого материала и его плотности, а так же влажности. Применительно к почве, способ обладает небольшими ограничениями из-за ее большой неоднородности, этот фактор требует градуировки прибора на каждой почве при нормальном ее уплотнении. Искажения результатов могут быть связаны и с наличием разных металлических примесей.

### **2.1.2. Дистанционные методы**

Дистанционные методы осуществляются съемкой или производством измерений на поверхности Земли без физического контакта с поверхностью, осуществляемая с помощью летательного агрегата или наземной платформы с пребывающими на них системами гравитационных или регистрации электромагнитных полей и определенной частоты радиоизлучений с выдачей информации в виде графиков, сигналов и кривых спектральной яркости. В зонах с разряженным и низким покровом растительности, влажность земли довольно четко выражается в снимках. Теоретические основные принципы космических и аэрометодов исследования земной поверхности применительно к установлению влажности верхнего покрова земли изучены во многих работах [3], [4], [5], [6], но использование данных

методов в аграрном хозяйстве считается технически сложным из-за дорогостоящего оборудования.

Существуют следующие средства и методы измерения влажности почвы дистанционным способом

#### **2.1.2.1. Метод регистрации гамма-излучения почвы**

Данный метод основан на измерении степени ослабления гамма-излучения естественных радиоактивных элементов, таких как калий и продуктов распада урана и тория, повсеместно содержащихся в почве. Над земной поверхностью эти элементы создают поле гамма-излучения с интенсивностью, которая зависит от радиоактивности почвы и количества влаги в ней. Выполнив измерения с сухой почвой, а после во влажной можно рассчитать количество воды в грунте [7].

Дмитриев А.В. в своем исследовании «Основы дистанционных методов измерения влагозапасов в снеге и влажности почв по гамма-излучению Земли» описывает проведение экспериментальных работ по применению этого метода на опыте самолетной гамма-съемки влажности почв в агрометеорологических исследованиях. Особенностью таких съемок является необходимость произведения измерений на очень коротких маршрутах, охватывающих отдельные сельскохозяйственные поля.

Проведенные измерения показали, что точность измерения влажности почв в рассмотренном выше способе гамма-съемки существенно зависит от отклонения вертикального распределения радиоактивных элементов в толще почв от однородного [8].

#### **2.1.2.2. Метод регистрации теплового излучения почвы**

Тепловое (инфракрасное) излучение - является частью оптического излучения и располагается в спектре электромагнитных колебаний на

протяженной области.

Попов А.Н. описал данный метод в публикации «Эспериментальная установка для исследования инфракрасных сигналов почвы различной влажности».

Согласно современным представлениям любое нагретое тело испускает тепловые (инфракрасные) лучи, точно так же, как всякий святящийся объект испускает световые лучи. Все окружающее нас пространство пронизано инфракрасным излучением. Каждую взятую точку на поверхности нагретого тела можно представить как центр, из которого испускается инфракрасное излучение во всех направлениях и, к которому поступает инфракрасное излучение из окружающего пространства. Иными словами, любое тело постоянно излучает теплоту от окружающих его тел. Отношение между этими количествами теплоты определяет температуру тела. [12]

### **2.1.2.3. Метод регистрации деполяризации радиоволн**

С точки зрения распространения радиоволн грунты представляют собой среду, обладающую сильным поглощением. Сильное взаимодействие радиоволн с грунтами используется в геофизических исследованиях для их зондирования. Экспериментально установлено, что в диапазоне частот от 20 Гц до 10 ГГц в грунтах возможно появление всех видов релаксационной поляризуемости.

Яковлев О.И в своем труде «Распространение радиоволн» описывает, как по мере увлажнения почвогрунтов состояние воды изменяется коренным образом. Сначала при ее малом количестве она находится только в химическом или механическом связанном состоянии, когда молекулы воды вступают в химические связи с молекулами грунтов или когда тонким слоем покрывают поверхности твердых компонент грунта и находятся под значительным влиянием сил поверхностного натяжения, это - так называемая

связанная вода. Затем при увеличении ее количества в почве вода начинает находиться уже в свободном состоянии, в результате заметно изменяются электрофизические свойства грунта в целом.[14]

## 2.2. МЕТОД ТОЧКИ РОСЫ

Метод точки росы предусматривает охлаждение испытуемого газа до наступления насыщения, т. е. до точки росы. Этим методом можно измерять влажность газа при любых давлениях.[15]

Метод является одним из основных производственных методов автоматического контроля влажности воздуха и заключается в определении температуры, до которой следует охладить при неизменном давлении влажный воздух (газ) для доведения его до состояния насыщения. Температуру точки росы определяют по началу конденсации водяного пара или возникновению инея на поверхности охлаждения твёрдого тела (металлического зеркала и т.п.). Устройство, фиксирующее образование росы, воздействует на систему, регулирующую температуру поверхности зеркала (термоэлектрическое охлаждение или с помощью охлаждающего рабочего тела), и тем самым поддерживает температуру, близкую к той, при которой появляется конденсат.[16]

За измеренную температуру точки росы рабочей среды принимается усреднённое значение температуры зеркала, при которой происходит образование или исчезновение конденсата. Отметим, что точность измерений зависит от скорости охлаждения и состояния поверхности зеркала. Гигрометры используют в широком диапазоне температур. Их недостаток – необходимость периодической очистки поверхности зеркала от пыли, обеспечение охлаждения (нагрева) зеркала, определение момента появления росы и регулирование температуры, преимущество – стабильные показания при отрицательных температурах.

Нижняя граница области измерений точки росы  $-10^{\circ}\text{C}$ , понижение температуры точки росы до  $-20^{\circ}\text{C}$  и  $-30^{\circ}\text{C}$  приводит к возрастанию погрешности до 3.4 и  $5.4^{\circ}\text{C}$  при измерении температуры равновесия. Инерционность датчика 0.5...5 мин. При отсутствии защитного слоя датчика, скорость потока воздуха около него не должна быть более 0.5 м/с. Наличие защитного слоя датчика позволяет осуществлять измерения при больших скоростях воздушного потока. [17]

### **2.2.1. Факторы, влияющие на эффективность работы модуля Пельтье (термоэлектрического модуля ТЭМ)**

Скорость охлаждения. Количество термопар (до нескольких сотен). Типы полупроводников. Сила тока. Крупных величин достичь пока не удалось из-за низкого уровня КПД (5-8 %) и значительной стоимости. Чтобы ТЭМ успешно работал, необходимо обеспечить эффективное отведение тепла с нагреваемой стороны. Это создает трудности в фактическом воплощении способа. Если поменять полярность, горячая и холодная стороны меняются друг с другом.[18]

### **2.2.2. Достоинства и недостатки модулей Пельтье**

Потребность в ТЭМ появилась с возникновением электронных устройств, нуждающихся в миниатюрных системах охлаждения. Преимущества модулей следующие: компактность; отсутствие подвижных соединений; модуль Пельтье принцип работы имеет обратимый при смене полярности; простота каскадных соединений для повышения мощности. Главным недостатком модуля является низкий КПД. Это проявляется в больших затратах мощности при достижении требуемого эффекта охлаждения.

Кроме того ТЭМ раньше имел высокую стоимость, однако сейчас такой



модуль стал вполне доступным, и его все чаще применяют в различных устройствах.

### 2.3. ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Основными водными свойствами почвы являются - водопроницаемость, водоудерживающая и водоподъемная способности.

*Водопроницаемость* – это способность почвы впитывать и пропускать через себя воду. Водопроницаемость определяется объемом воды, которая протекает через единицу площади поверхности почвы в единицу времени, выражается в мм водного столба в единицу времени. Процесс водопроницаемости включает впитывание влаги и ее фильтрацию. Впитывание – процесс поступления воды в почву, которая не насыщена водой, а фильтрация происходит тогда, когда большая часть пор почвы заполнена водой. Впитывание воды охарактеризовано сорбционными и капиллярными силами, фильтрация обусловлена силой тяжести.

Водопроницаемость зависит от механического состава, структуры (у бесструктурных почв ниже, чем у структурных), содержания гумусовых веществ (в целом от общего объема пор в почве и их размера), а также от состава поглощенных катионов: натрий уменьшает водопроницаемость, а кальций – увеличивает. В почвах тяжелого механического состава с глыбисто-пылеватой структурой и плотных бесструктурных почвах водопроницаемость низкая. В легких по механическому составу почвах поры крупные и водопроницаемость всегда высокая. После оструктурирования такие почвы в несколько раз улучшают фильтрационную способность (суглинистые и глинистые почвы, обладающие водопрочной комковато-зернистой структурой, также отличаются высокой водопроницаемостью).

Хорошо водопроницаемыми считаются почвы, в которых вода в течение первого часа проникает на глубину до 15 см. В средневодопроницаемых почвах вода за первый час проходит от 5 до 15 см, а в

слабоводопроницаемых – до 5 см. От данного свойства зависит степень использования водных ресурсов. При очень высокой водопроницаемости не создается хороший запас воды в корнеобитаемом слое почвы, а в орошаемом земледелии наблюдается большая потеря на полив. При слабой водопроницаемости часть атмосферных осадков или оросительной воды стекает по поверхности, что приводит к непродуктивному расходованию влаги, может происходить вымокание культур, застаивание воды на поверхности и развиваться эрозия почвы.

*Водоподъемная способность* – свойство почвы поднимать содержащуюся в ней влагу за счет капиллярных сил (вода в почвенных капиллярах образует вогнутый мениск, на поверхности которого создается поверхностное натяжение). Высота капиллярного поднятия воды зависит от диаметра капилляров: чем они тоньше, тем выше поднятие, и наоборот. Поэтому водоподъемная способность растет от песчаных почв к суглинистым и глинистым. Максимальная высота подъема воды над уровнем грунтовых вод для песчаных почв 0,5 – 0,8 м, для суглинистых – 2,5 – 3,5 м, в глинистых почвах – 3,0 – 6,0 м. Скорость подъема зависит от размера поры вязкости воды, обуславливаемой ее температурой. По крупным порам вода поднимается быстрее, чем в почвах с тонкими капиллярами. С повышением температуры скорость капиллярного поднятия воды повышается, так как уменьшается ее вязкость. Также значительное влияние на скорость капиллярного подъема оказывают соли, которые растворены в воде. Минерализованные грунтовые воды поднимаются к поверхности по капиллярам с большей скоростью, в отличие от пресных.

Благодаря капиллярным явлениям и водоподъемной способности почв грунтовые воды участвуют в дополнительном снабжении растений водой, особенно в засушливые годы, развитии восстановительных процессов и засолении почвенного профиля.

*Влагоемкость* – способность почвы впитывать и удерживать определенное количество воды. Выражается в % к весу сухой почвы. Эта способность зависит от гранулометрического состава, состава поглощенных катионов и содержания гумуса. Для глинистых почв, богатых коллоидами и высоким содержанием гумуса, характерна высокая влагоемкость. Также высокой влагоемкостью обладают почвы, которые содержат известь, хлориды.

Различают следующие виды влагоемкости: максимальную гигроскопическую, капиллярную, полевую и полную.

*Максимальная гигроскопическая влагоемкость* (МГВ) – это наибольшее недоступное растениям количество влаги (мертвый запас влаги), которое прочно удерживается молекулярными силами почвы (адсорбцией). Величина этой влагоемкости зависит от суммарной поверхности частиц, а также содержания гумуса: чем больше в почве илистых частиц и гумуса, тем она выше.

*Капиллярная влагоемкость* – максимальное количество воды (капиллярно-подпертой влаги), которое удерживается в почве над уровнем грунтовых вод при заполнении капиллярных пор. Величина капиллярной влагоемкости, кроме свойств почвы, еще зависит от высоты над зеркалом грунтовых вод. Вблизи грунтовых вод она наибольшая, а с поднятием к поверхности уменьшается и на границе капиллярной каймы равна наименьшей влагоемкости.

*Наименьшая влагоемкость* (НВ), или *предельная полевая влагоемкость* (ППВ) – это наибольшее количество воды, которое остается в почве после ее полного увлажнения и свободного стекания избыточной воды. Величина наименьшей влагоемкости зависит от плотности и пористости почвы, ее минералогического и гранулометрического состава. Она соответствует величине капиллярно-подвешенной воды. Наименьшая влагоемкость – важная характеристика водных свойств почвы, которая дает представление о

наибольшем количестве воды, которое почва способна накопить и длительное время удерживать. Она составляет (в % от веса абсолютно сухой почвы): для тяжелосуглинистых и глинистых – 23 – 40, легко- и среднесуглинистых – 18 – 30, супесчаных – 10 – 17, песчаных – 4 – 9. Наибольшие значения ППВ характерны для гумусированных почв тяжелого механического состава, обладающих хорошо выраженной макро- и микроструктурой.

*Полной влагоемкостью* (ПВ) называется наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех ее пор водой при отсутствии оттока (численно равна пористости почвы).

Оптимальной влажностью для большинства культурных растений условно принято считать влажность, приблизительно равную 50 % от полной влагоемкости данной почвы. Для сеяных луговых трав (злаков и бобовых) оптимальная влажность составляет 80 – 90 %, для технических растений и корнеплодов – 60 – 70 % для зернобобовых – 50 – 60 %, технических, для большинства зерновых культур – 30-50 %. По этой причине оптимальная влажность почвы для разных растений и почв должна не на много отклоняться от условно принятой.

*Полевая влажность* ( $W_{II}$ ) определяет содержание влаги в почве в определенный период, выражается в процентном отношении к массе сухой почвы.

Из общей влаги, содержащейся в почве при ее полном насыщении, выделяют пограничные значения влажности, при которых меняются свойства воды и её доступность растениям. Пределы значений влажности, определяющие границы появления различных категорий почвенной влаги, называются *почвенно-гидрологическими константами*. Более широко применяются следующие: влажность разрыва капилляров (ВРК), максимальная гигроскопическая влагоемкость, наименьшая влагоемкость (НВ), полная влагоемкость (ПВ) и влажность завядания (ВЗ).

При влажности (НВ) вся система капиллярных пор заполнена водой, в следствии чего появляются оптимальные условия влагообеспеченности растений. По мере испарения и потребления воды растениями, утрачивается сплошность наполнения капилляров водой, уменьшаются подвижность воды и доступность ее растениям. Влажность, при которой происходит разрыв сплошного наполнения капилляров водой, называется *влажностью разрыва капилляров* (ВРК). Это важная гидрологическая константа почвы, характеризующая нижнюю границу оптимальной влажности. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 65 – 70 % (НВ).

*Влажность завядания растений* – это почвенная влажность, при которой у растений появляются признаки завядания, не исчезающие при помещении растений в атмосферу, насыщенную водяными парами, т.е. это нижний предел доступной растениям влаги (численно равна  $1,5 * МГ$ ). Влажность завядания зависит от вида растений и свойств почвы. Чем тяжелее механический состав почвы, чем больше в ней органического вещества, тем выше ВЗ. В среднем она составляет: в песках – 1 – 3 %, в супесях – 3 – 6 %, в суглинках – 6 – 15 %, в торфяных почвах – 50 – 60 %.

Для растений доступна только та часть почвенной влаги, которая может быть усвоена в процессе жизнедеятельности. Она называется *продуктивной* влагой, так как используется для образования урожая и вычисляется как разница между ППВ и ВЗ. Зная количество продуктивной влаги, можно рассчитать урожай растений (1 % продуктивной влаги дает 1 ц зерна) и дефицит влаги.

Продуктивный запас влаги (ПЗВ) в определенном слое (или почвенном профиле) вычисляют, зная общий запас воды (ОЗВ) в этом слое и запас труднодоступной воды (ЗТВ). [19]

### ***Влажность почвы разделяют на относительную и абсолютную***

Относительная влажность — соотношение абсолютной влажности данной почвы к ее предельно-полевой влагоемкости.

Абсолютная влажность — суммарное количество воды в почве, выраженное в процентном отношении к массе почвы.

По относительной и абсолютной влажности почвы определяют почвенную влагу, которая доступна культурным растениям.

Влажность увядания растений — влажность почвы, при которой у растений возникают признаки увядания, не исчезающие при перемещении растений в атмосферу, насыщенную водными парами, в таком случае это нижний порог доступности растениям влаги. Если известна абсолютная влажность и влажность завядания растений, то возможно вычислить запас продуктивной влаги.

Продуктивная (активная) влага — количество воды сверх влажности завядания, используемое растениями для создания урожая. Так, если абсолютная влажность данной почвы в пахотном слое составляет 43 %, а влажность завядания — 13 %, то запас продуктивной влаги равняется 30 %. Для удобства определения количество продуктивной влаги выражают в миллиметрах водяного столба. В таком виде продуктивную влагу легче сопоставлять с количеством осадков. Каждый миллиметр воды на площади 1 га соответствует 10 т воды.

### **3. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследования является почвенный слой, методом исследования является метод точки росы для определения влажности воздуха в почве, положенный в основу разработки измерительного комплекса для мониторинга влажности почвы.

Цель работы – разработка измерительного комплекса для определения абсолютной влажности почвы.

Для достижения поставленной цели, использовались следующие методы исследования: измерение, моделирование, эксперимент, сравнение, анализ.

## **4. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА**

### **4.1. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ТОЧКИ РОСЫ**

#### **4.1.1. Описание разработанного комплекса**

Измерительная система состоит из следующих элементов: микропроцессор, элемент Пельтье, излучающий светодиод, фотодиод, отражающая поверхность два термодатчика, устройство индикации и связи с компьютером, гальванический источник питания. Элемент Пельтье включен по мостовой схеме, что обеспечивает возможность программного управления как скоростью охлаждения, так и скоростью нагрева отражающей поверхности, на которой фиксируется температура конденсации водяного пара.

Оптическая схема предназначена для фиксации запотевания отражающей поверхности зеркала. Светодиод и фотодиод, расположенные на некотором удалении по одну сторону от отражающей поверхности, позволяют однозначно определить момент запотевания. В момент запотевания резко изменяется коэффициент отражения зеркальной поверхности, и микропроцессор фиксирует температуру конденсации.

Второй термодатчик фиксирует температуру воздуха на достаточном удалении от охлаждающейся посредством модуля Пельтье поверхности. В качестве измерителей температуры использовались цифровые термодатчики DS18B20, предварительно откалиброванные по температурам замерзания и кипения воды.

Работа схемы осуществляется следующим образом: сначала микропроцессор включает модуль Пельтье на охлаждение, регулируя его скорость так, чтобы запотевание зеркальца произошло через 40 – 60 секунд.



Далее охлаждение отключается до момента полного отпотевания поверхности, а при необходимости может включиться и нагрев. После отпотевания поверхности модуль Пельтье снова включается на охлаждение, пока не установится стационарный режим. После установления фазового равновесия микропроцессор фиксирует две температуры: температуру охлаждаемой поверхности и температуру воздуха в измерительной камере.

Вычисление относительной влажности воздуха, находящегося в равновесии с почвой, осуществляется по формуле:

$$P_s(T) = 6,1121 \cdot \exp\left(\frac{(18,678 - T/234,5) \cdot T}{257,14 + T}\right) \quad (5)$$

Затем микропроцессор пересчитывает полученную влажность воздуха во влажность почвы, например, в абсолютную влажность или относительную по заранее определенным градуировочным зависимостям.

Для питания всего устройства используются никель-кадмиевые источники питания в количестве четырех элементов типоразмера АА. Конструктивно анализатор влажности почвы представляет собой металлическую трубу с заостренным наконечником, внутри которого расположена измерительная схема. На трубе нанесены метки, соответствующие глубине, на которой производится измерение. В верхней части трубы расположен цифровой индикатор, на котором отображается измеряемая влажность, и крышка для замены разряженных элементов питания.

Измеритель влажности может быть подключен к компьютеру для непрерывной записи данных или непосредственной их он-лайн трансляции. Соединение с компьютером осуществляется по USB. На самом измерителе реализован переходник на базе CP2102 для преобразования USB в UART. В качестве микропроцессора выбрана АТМega32. Излучающий светодиод FYL3014 белого цвета свечения, фотодиод типа SFH229 в прозрачном

корпусе. Модуль Пельтье имеет габаритные размеры 40×20×4 мм на номинальное напряжение 6 В.

Упрощенная принципиальная схема измерителя влажности изображена на Рисунке 2:

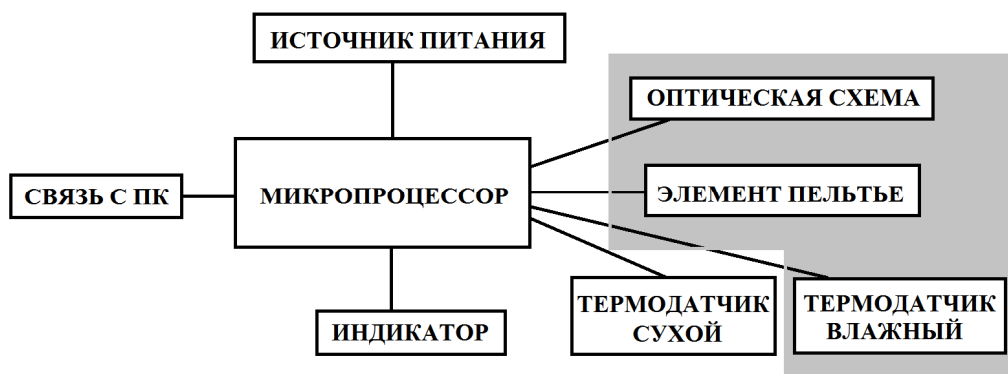


Рисунок 2 – Схема измерителя влажности почвы по методу точки росы

#### 4.1.2. Заготовка образцов почвы

Для определения эффективности работы, выявления погрешности измерений и определения градуировочного коэффициента зависимости определяемой влажности от абсолютной, нами были заготовлены образцы почвы, с заведомо известной абсолютной влажностью.

Нами были взяты пробы суглинистой почвы весом по 500 г. с неизвестной влажностью. Данные пробы высушили при 100 °С в течении 12 часов в сушильном шкафу. Процесс высушивания был закончен после того, как вес образцов перестал изменяться в течении 2 часов. Навески почвы поместили в герметичную пластиковую тару (ведерки).

Далее в каждое ведерко добавили дистиллированную воду, объемами 50 мл, 100 мл, 150 мл, 200 мл, 300 мл, 400 мл. Получили пробы почвы с заведомо известными степенями влажности: 10%, 20%, 30%, 40%, 60%, 80%.



Рисунок 3 – Образцы почвы с известной влажностью

Для установления равновесия заготовленные образцы почвы отстаивались в течении 2 суток, и периодически перемешивались интенсивным встряхиванием.

#### **4.1.3. Измерение абсолютной влажности в заготовленных образцах по ГОСТ 28268-89**

Из заготовленных образцов почвы отобрали навески массой по 50 г., используя лабораторные весы 4-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 100 г по ГОСТ 24104. Далее пробы высушили при 100 °С в течении 5 часов, и снова взвесили согласно методики.



Рисунок 4 – Высушенные пробы почв

По полученным данным произвели расчеты. Массовое отношение влаги в почве ( $W$ ) в процентах вычислили по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100, \quad (6)$$

где  $m_1$  - масса влажной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

$m_0$  - масса высушенной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

$m$  - масса пустого стаканчика с крышкой, г.

Результаты представлены в таблицах 1, 2 и 3:

Таблица 1 – Абсолютная влажность почвы. Образцы 20%; 40%; 60%; 80%

Заданная влажность, %	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>
Масса влажной почвы со стаканчиком $m_1$ , г	68,850	68,841	71,617	71,556
Масса высушенной почвы со стаканчиком $m_0$ , г	60,151	54,339	52,627	49,364
Масса пустого стаканчика $m$ , г	18,850	18,841	21,617	21,556
Абсолютная влажность почвы, %	<b>21</b>	<b>40,8</b>	<b>61,2</b>	<b>79,8</b>

Таблица 2 – Абсолютная влажность почвы. Образцы 10%; 20%; 30%; 40%

Заданная влажность, %	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
Масса влажной почвы со стаканчиком $m_1$ , г	50	50	50	50
Масса высушенной почвы со стаканчиком $m_0$ , г	46,987	44,775	43,267	41,704
Масса пустого стаканчика $m$ , г	19,078	19,109	21,806	21,838
Абсолютная влажность почвы, %	<b>10,7</b>	<b>20,4</b>	<b>31,4</b>	<b>41,8</b>

Согласно ГОСТ 28268-89, погрешность при измерении абсолютной влажности почвы допускается:

7% - при влажности почвы до 10 %;

5% - при влажности почвы свыше 10 %.

Таблица 3 – Повторное измерение для влажностей 10%, 20%, 30%, 40%

Заданная влажность, %	10	20	30	40
Масса влажной почвы со стаканчиком $m_1$ , г	69,153	69,154	71,885	71,950
Масса высушенной почвы со стаканчиком $m_0$ , г	64,498	60,780	60,284	57,638
Масса пустого стаканчика $m$ , г	19,153	19,154	21,885	21,946
Абсолютная влажность почвы, %	10,3	20,1	30,2	40,1

Из полученных данных можно сделать вывод, что заготовленные пробы почвы, с заведомо известной абсолютной влажностью, соответствуют заявленному значению. Данные пробы пригодны для использования, в качестве образца, при проведении экспериментальных исследований разрабатываемой установки.

#### 4.1.4. Определение времени установления равновесной влажности цифровым электронным датчиком влажности воздуха

Работа разрабатываемого прибора заключается в измерении относительной влажности воздуха, которая устанавливается в закрытой системе с почвой, влажность которой необходимо определить. Датчик влажности воздуха помещен в пористый корпус, который размещается в исследуемой почве. Для точности и скорости измерения, нам необходимо определить время установления равновесной влажности в закрытой системе, а так же площадь открытой поверхности корпуса (пористости) прибора.

Для определения времени установления равновесной влажности воздуха в закрытой системе с почвой, мы использовали цифровой электронный датчик и лабораторный измерительный комплекс «УЛПАК Химия в школе».



Рисунок 5 – Электронный цифровой датчик влажности

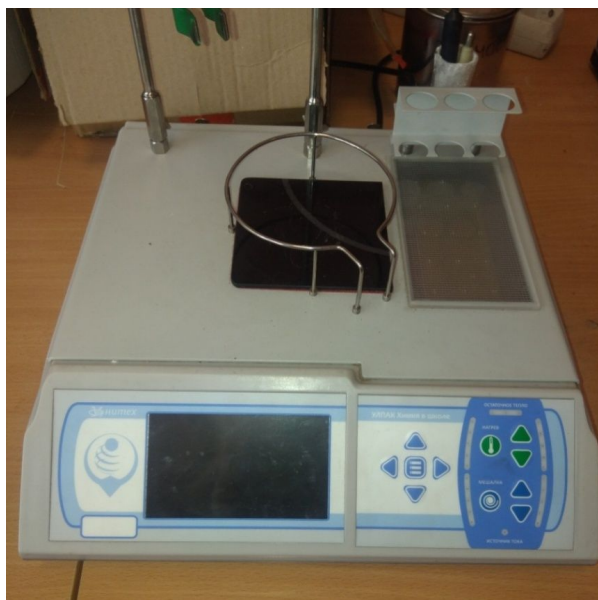


Рисунок 6 – лабораторно-измерительный комплекс «УПАК Химия в школе»

Измерения проводились на образцах почвы, с заведомо известной влажностью: 10%; 20%; 30% и 40%. Результаты представлены в виде графика на Рисунке 7:

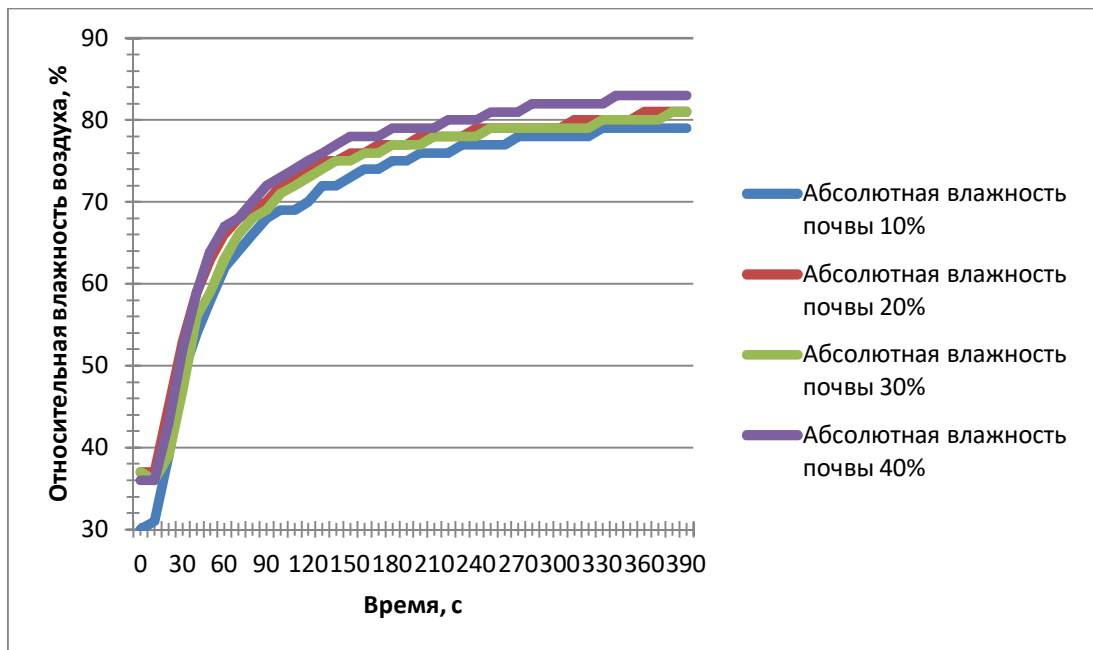


Рисунок 7 – Зависимость относительной влажности воздуха от времени

#### 4.1.5. Определение площади открытой поверхности корпуса прибора

Для того чтобы определить необходимую площадь открытой поверхности корпуса прибора, мы использовали перегородки, с отверстием различного диаметра.

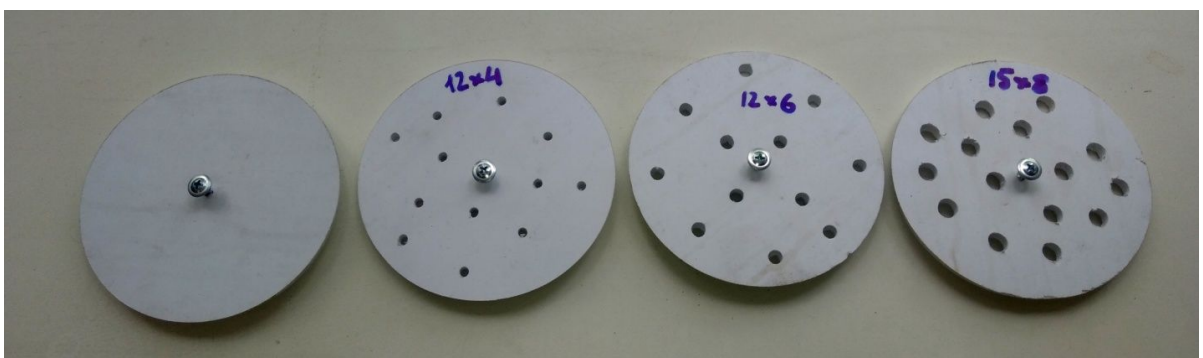


Рисунок 8 – Перегородки с отверстиями

Результаты измерений представлены в виде графиков на Рисунке 9:

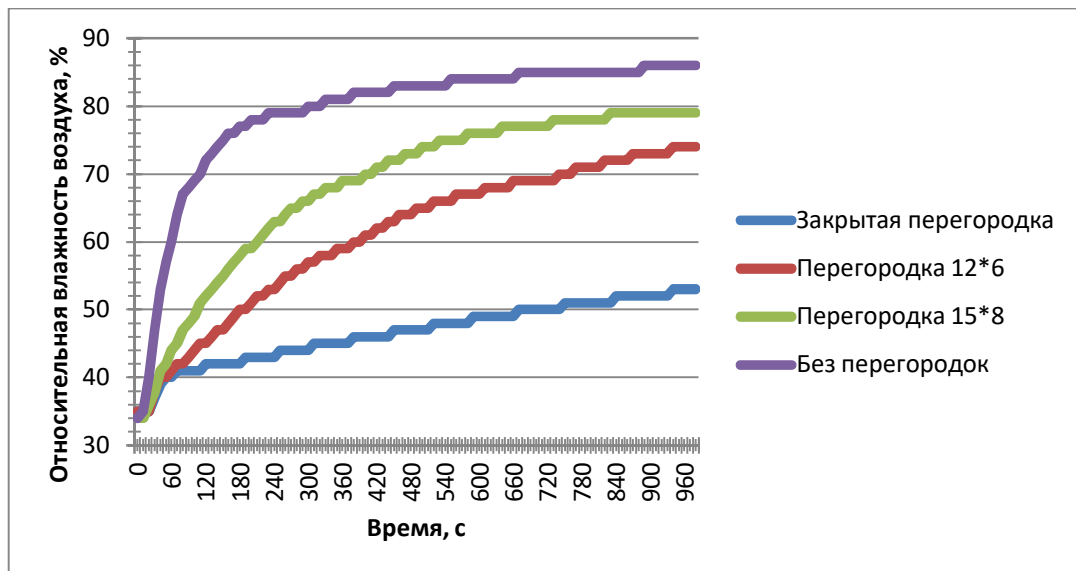


Рисунок 9 – Зависимость относительной влажности воздуха от времени, при различной площади открытой поверхности перегородок

На графике мы видим, что оптимальный размер пор перегородки 8 мм в количестве 15 отверстий. При применении этой перегородки влажность закрытой системы выходит на равновесное значение в течении 12 минут.

Далее мы рассчитали площадь открытой поверхности. Диаметр перегородки равен – 110 мм, диаметр отверстий – 8 мм, количество отверстий – 15.

Площадь перегородки и площадь одного отверстия находим по формуле:

$$S = \frac{1}{4}\pi D^2 \quad (7)$$

Получаем: площадь перегородки равна – 9498,5 мм<sup>2</sup>; площадь одного отверстия – 50,24 мм<sup>2</sup>. Так как количество отверстий – 15, то общая площадь всех отверстий равна – 753,6 мм<sup>2</sup>. Что составляет 7,93 % от площади перегородки.



## 4.2. ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИБОРА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ТОЧКИ РОСЫ

### 4.2.1. Определение градуировочного коэффициента зависимости относительной влажности воздуха от абсолютной влажности почвы

Экспериментальная проверка работоспособности прибора измерения влажности почвы методом точки росы, проводилась в лабораторных условиях, используя заготовленные пробы почвы, с заведомоизвестной абсолютной влажностью 10%; 20% и 30%. Измеритель влажности был размещен в закрытую систему с почвой так, как показано на рисунках:

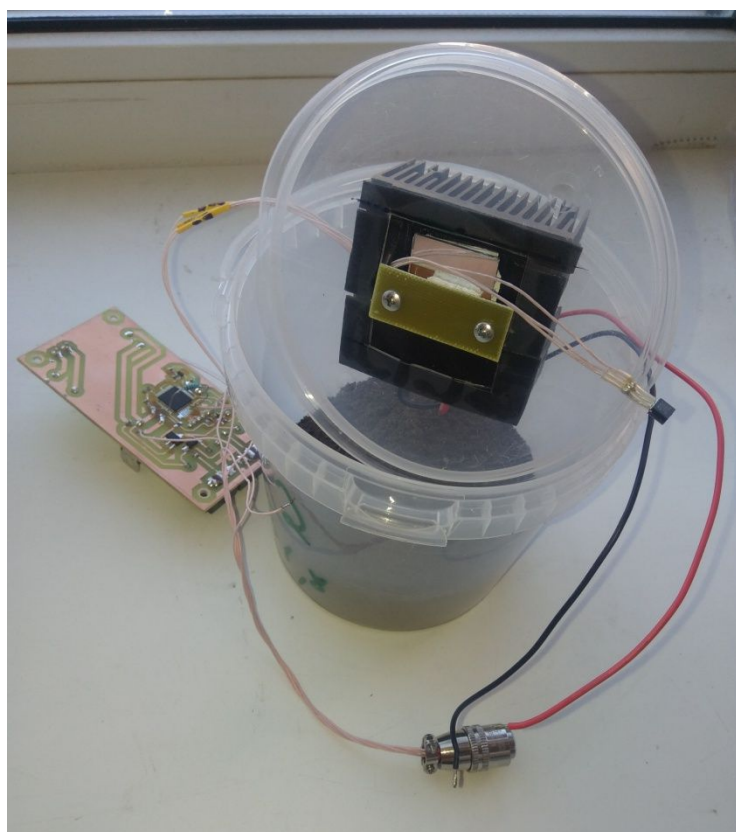


Рисунок 10 – Прибор измерения влажности воздуха методом точки росы

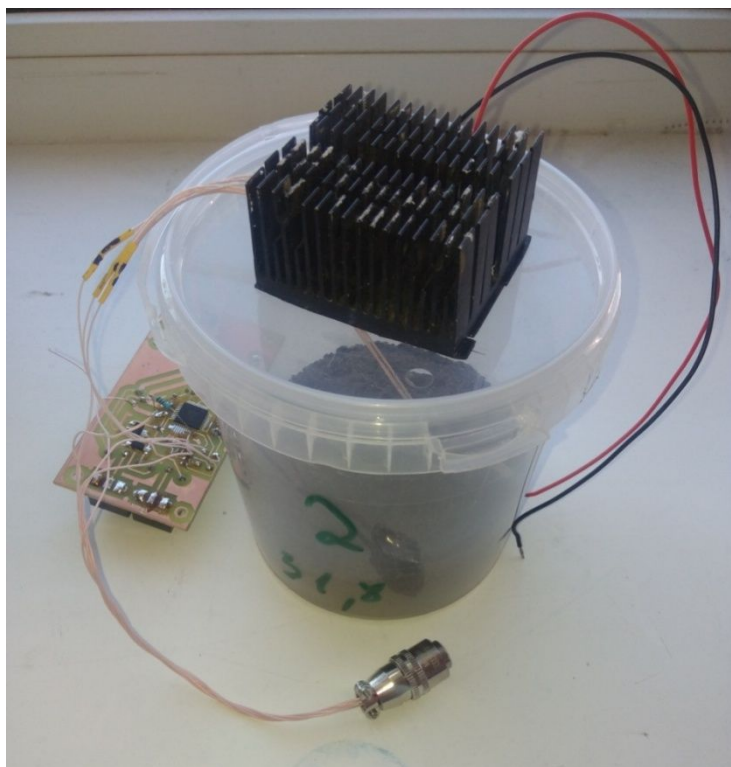


Рисунок 11 – Измерение влажности почвы методом точки росы в закрытой системе

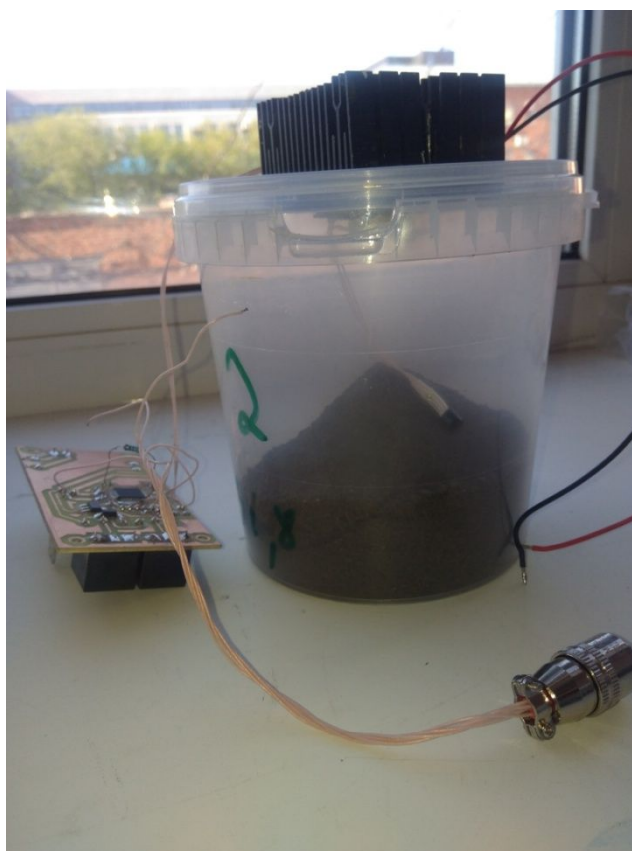


Рисунок 12 – Измерение влажности почвы методом точки росы в закрытой системе

Полученные значения относительной влажности воздуха в закрытой системе с почвой подтвердили работоспособность прибора для измерения влажности почвы методом точки росы. Результаты представлены в виде графика на Рисунке 13:

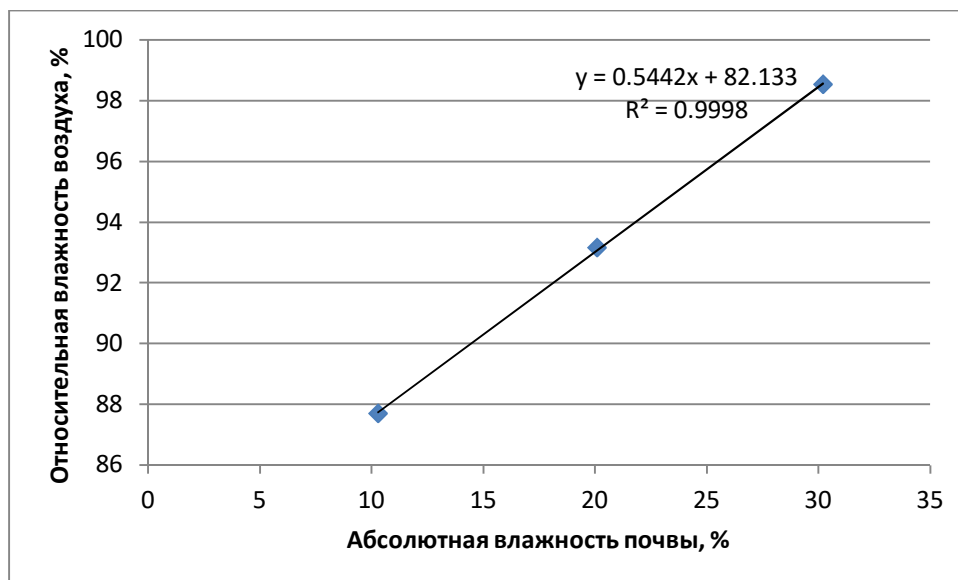


Рисунок 13 – Зависимость относительной влажности воздуха от абсолютной влажности суглинистой почвы

Так же мы построили градуировочный график зависимости относительной влажности воздуха от абсолютной влажности почвы, и на основе экспериментальных данных получили уравнение линейной зависимости. Результаты расчетов совпали с заданными значениями абсолютной влажности почвы и проверенными по ГОСТ 28268-89. Данные представлены в таблице:

Таблица 4 – Результаты измерения абсолютной влажности почвы

Заданная абсолютная влажность почвы, %	10	20	30
Абсолютная влажность почвы определенная по ГОСТ 28268-89, %	10,3	20,1	30,2
Абсолютная влажность почвы, рассчитанная по уравнению из градуировочного графика по методу точки росы, с помощью разработанного прибора, %	10,4	20,5	30,3

Согласно ГОСТ 28268-89, погрешность при измерении абсолютной влажности почвы допускается:

7% - при влажности почвы до 10 %;

5% - при влажности почвы свыше 10 %.

#### 4.2.2. Измерение абсолютной влажности разных типов почв

Для того, чтобы убедиться в работоспособности прибора, и в возможности его применения не только на приготовленных образцах суглинистой почвы, мы провели дополнительный эксперимент. В качестве исследуемой почвы был песок, пробы взяты из естественных условий. Абсолютная влажность определялась так же двумя методами: по ГОСТ 28268-89 и по методу точки росы разработанным комплексом. Результаты представлены в виде графика на Рисунке 14:

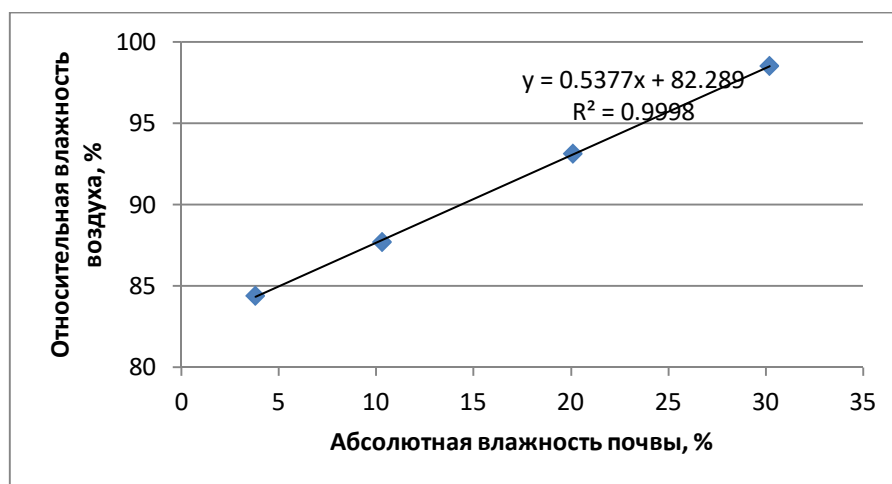


Рисунок 14 – Зависимость относительной влажности воздуха от абсолютной влажности песка, суглинистой почвы и чернозема

Абсолютная влажность песка, рассчитанная по уравнению из градуировочного графика по методу точки росы, с помощью разработанного прибора равна – 4,4 %, данное значение входит в линейную зависимость относительной влажности воздуха от абсолютной влажности почвы, которое мы получили. Значение абсолютной влажности песка, полученными по ГОСТ 28268-89 равно – 3,8 %.

## 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании результатов, полученных экспериментальным путем, составили сравнительную характеристику методов определения влажности почвы – термостатно-весового и метода точки росы, данные представлены в Таблице 18.

Таблица 18 – Сравнение методов определения влажности почвы

<b>Критерий</b>	<b>Прибор по методу точки росы</b>	<b>Весовой метод</b>
<b>Погрешность измерения</b>	НИЗКАЯ	НИЗКАЯ
<b>Время измерения</b>	БЫСТРО	ДОЛГО
<b>Мобильность</b>	ЕСТЬ	НЕТ
<b>Вероятность погрешности, при отборе проб</b>	НЕТ	ЕСТЬ
<b>Место измерения</b>	Естественная среда	Лаборатория
<b>Диапазон измерения, %</b>	0 – 33 (узкий)	10 - ∞ (широкий)

По выбранным основным критериям сравнения, можно сделать вывод, что метод точки росы имеет преимущество над термостатно-весовым по четырем критериям, оба метода имеют сопоставимую точность измерения, а по измерительному диапазону метод точки росы уступает весовому методу.

## **6. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ»**

### **6.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Влажность является одним из важнейших показателей качества почвы при производстве продукции растениеводства. Содержание влаги в почве является ключевым фактором. Существуют приборы и методы для измерений влажности почвы в полевых условиях, основанные на физических свойствах почвы и влаги. Используемые методы имеют различную трудоемкость и погрешность. В связи с быстрым совершенствованием технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции появляется необходимость в измерении влажности в режиме реального времени. Для осуществления оперативных измерений влажности почвы необходимо применять автоматизированные методы.

В данной разработке предлагается использовать метод точки росы для определения влажности. В результате, разработанная установка (опытный образец) обеспечит значительно более высокую степень автоматизации, по сравнению с весовыми методами лабораторного анализа, а так же снизит расходы предприятия, позволит контролировать качество полива различных видов растений.

Целью данной работы является разработка измерительного комплекса для определения наименьшей (полевой) влагоемкости почвы.

В ходе исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить потенциальных потребителей результатов исследования;
2. Сделать анализ конкурентных технических решений;

3. Провести SWOT-анализ;
4. Распланировать структуру работы в рамках научного исследования;
5. Определить трудоемкость работ;
6. Разработка графика проведения научного исследования;
7. Рассчитать бюджет научно-технического исследования (НТИ);
8. Выявить эффективность исследования.

### 6.1.2. 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, а также помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы повысить конкурентоспособность исследования.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Скорость измерения	0,15	5	3	0,75	0,45
2. Автоматизированность	0,1	4	2	0,4	0,2
3. Мобильность	0,1	4	2	0,4	0,2
4. Удобство эксплуатации	0,05	4	2	0,2	0,1
5. Энергоэкономичность	0,1	4	4	0,4	0,4
6. Ресурсоэффективность	0,1	5	4	0,5	0,4
7. Безопасность	0,05	5	5	0,25	0,25
8. Точность измерений	0,15	5	5	0,75	0,75
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	0,2	0,25
2. Цена	0,05	4	5	0,2	0,25
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	5	0,2	0,25
4. Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	0,25	0,15
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>53</b>	<b>45</b>	<b>4,5</b>	<b>3,65</b>

$k_1$  – весовой метод определения влажности почвы;

$\phi$  – определение влажности почвы методом точки росы.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – неудовлетворительно, 2 – почти удовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 - хорошо, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1

Конкурентоспособность метода точки росы составляет 4,5;

Конкурентоспособность весового метода составляет 3,65.

Данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как скорость измерения, автоматизированность, мобильность, удобство эксплуатации, обслуживание.

### **6.1.3. SWOT-анализ**

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках третьего этапа лежит составление итоговой матрицы SWOT-анализа. Результаты учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках исследования.

Составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 6.



Таблица 6 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      С1. Заявленная экономичность и низкая стоимость оборудования.                      С2. Экологичность технологии.                      С3. Автономность.                      С4. Простота обслуживания.                      С5. Энергоэффективность технологии.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки                      Сл2. Отсутствие компании, способной финансировать производство разработки                      Сл3. Узкая область применения.                      Сл4. Невысокая степень научно-практической значимости.</p>
<p><b>Возможности:</b>                      В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ                      В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт                      В3. Применение в других отраслях.                      В4. Появление улучшенного контроль влажности почвы</p>	<p>- Использовании инновационной инфраструктуры ТПУ позволит снизить затраты на этапе научных разработок;                      - В результате низкой стоимости продукт могут позволить себе многие организации;                      -Благодаря простоте обслуживания и автономности продукт можно в различных отраслях сельского хозяйства</p>	<p>-отсутствие аналогичных приборов позволит сделать прорыв в аграрной сфере;                      - продукт разрабатывается для применения в аграрной промышленности, однако существует возможность его применения в любых отраслях, в которых есть необходимость контроля влажности почвы</p>
<p><b>Угрозы:</b>                      У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства                      У2. Увеличение стоимости продукта при промышленном производстве                      У3. Остановка проекта на стадии научной разработки, из-за отсутствия финансирования</p>	<p>-при выпуске в промышленных масштабах необходимо сохранить заявленную экономичность и низкую стоимость товара;                      -заявленная энергоэффективность и экономичность проекта способствует поиску финансирования</p>	<p>-ввиду отсутствия аналогичных приборов, есть вероятность, низкого спроса на продукт;                      - по причине недостаточного финансирования и низкой законодательной поддержки сельского хозяйства, продукт может быть просто не востребован</p>

## 6.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 6.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Составление и утверждение задания ВКР	Руководитель темы
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Основной этап	5	Проведение практических расчетов и обоснований	Студент
	6	Построение макета комплекса измерения влажности почвы методом точки росы и проведение экспериментов	Студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, студент
Заключительный этап	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Проведение расчетов и обоснование по теме ВКР	Руководитель, студент
	10	Анализ результатов	Студент
	11	Подведение итогов	Руководитель, студент
	12	Оформление итогового варианта ВКР	Студент

## 6.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (8)$$

где  $t_{ожі}$  – 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. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (9)$$

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

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

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

### 6.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Полученные значения  $T_{ki}$  округляем до целого числа.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ожи}$ , чел-дни			
Составление и утверждение задания ВКР	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	7	10	8,2	Студент	8,2	12
Выбор направления исследований	1	2	1,4	Научный руководитель, Студент	0,7	1
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Научный руководитель, Студент	0,9	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	5	3,8	Студент	3,8	6
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	5	10	7	Студент	7	10
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	5	3,2	Научный руководитель, Студент	1,6	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	3	2,4	Научный руководитель	2,4	4
Проведение расчетов и обоснование по теме ВКР	2	3	2,4	Научный руководитель, Студент	1,2	2
Анализ результатов	7	8	7,4	Студент	7,4	11
Подведение итогов	6	7	6,4	Научный руководитель, Студент	3,2	5
Оформление итогового варианта ВКР	1	2	1,4	Студент	1,4	2

На основе таблицы 8 построен календарный план-график (таблица 9).

Таблица 9 – Календарный план-график

Вид работ	Исполнители	Тки, кал. Дн.	Продолжительность выполнения работ												
			Апрель			Май			Июнь						
			1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Составление и утв. задания	1	2	■												
Изучение материалов	1	12	■	■											
Выбор направления	2	1		■											
Календарное планирование	2	1		■											
Проведение расчетов	1	6			■	■									
Построение макетов	1	10				■	■								
Сопоставление результатов	2	2				■	■								
Оценка эффект.	1	4					■								
Проведение расчетов	2	2					■								
Анализ результатов	1	11						■	■						
Подведение итогов	2	5								■					
Оформление ВКР	1	2									■				

■ - Научный руководитель ■ - Студент

### 6.3. 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:

- материальные затраты НТИ;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 6.3.1. Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (12)$$

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты занесены в таблицу 10.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_m$ ), руб.
Ручка шариковая	шт.	2	57	131,1
Карандаш	шт.	2	70	161
Скрепки	уп.	1	30	34,5
Скобы для степлера	уп.	1	33	37,95
Бумага А4	уп.	1	229	286,25
Файл-вкладыш А4	уп.	1	240	300
Итого			659	<b>903,9</b>

Затраты на материалы будут составлять 903,9 рубля.

### 6.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (13)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (14)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (15)$$

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 11).



Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные и Праздничные дни)	118	118
Потери рабочего времени (отпуск и невыходы по болезни)	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (16)$$

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

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

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$Z_{\text{мр}} = 23100 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45045$$

$$Z_{\text{мс}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0) \cdot 1,3 = 28730$$

$$Z_{\text{дпр}} = \frac{45045 \cdot 11,2}{223} = 2262,3$$

$$Z_{\text{днс}} = \frac{1014 \cdot 11,2}{223} = 1442,9$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \quad (17)$$

Расчет основной заработной платы сводится в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	З <sub>гс</sub> , руб.	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>доп</sub> , руб.	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>эп</sub> , руб.
1	Руководитель	23100	45045	2262.3	17	5768,9	38459,1	44228
2	Студент	17000	28730	1442.9	52	11254,62	75030,8	86285,42
Итого								130513,42

В настоящую статью включена основная заработная плата старшего преподавателя и ассистента, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

### 6.3.3. Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (18)$$

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

$$Z_{\text{допн}} = 0,15 \cdot 38459,1 = 5768,9$$

$$Z_{\text{допс}} = 0,15 \cdot 75030,8 = 11254,62$$

### 6.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (19)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 03.07.2016 №243-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30% (пенсионный фонд 22%, фонд соц. страхования – 2.9%, федеральный фонд медицинского страхования – 5.1%). На основании п. 5 – 9 статьи 427 Налогового кодекса РФ часть 2 от 05.08.2000г. № 117-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году водится пониженная ставка – 20%.

Отчисления во внебюджетные представлены в табличной форме (табл. 13).

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	38459,1	5768,9
Студент-дипломник	75030,8	11254,62
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
<b>Итого</b>	39154,03	

Отчисление во внебюджетные фонды составляет 26102,68 рублей.

### 6.3.5. 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 по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (20)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 157520 \cdot 0,16 = 25203,2$$

### 6.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Процент от бюджета, %
Материальные затраты НИИ	903,9	0,5
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	113489,9	57,4
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17023,52	8,6
Отчисления во внебюджетные фонды	39154,03	19,8
Накладные расходы	27291,42	13,8
Бюджет затрат НИИ	197863	100

### 6.4. Определение эффективности исследования

Исследование повышает конкурентоспособность измерительного комплекса. Потенциальные потребители – это сельскохозяйственные предприятия.

В результате, разработанная установка (опытный образец) обеспечит значительно более высокую степень автоматизации, по сравнению с весовыми методами лабораторного анализа, а так же снизит расходы предприятия, позволит контролировать качество полива различных видов растений.

Целью исследования была разработка измерительного комплекса для определения абсолютной влажности почвы методом точки росы.

В процессе исследования, были поставлены и выполнены следующие задачи:

1) Проведен SWOT-анализ и выявлены сильные и слабые стороны разработки, а также возможности и угрозы. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

2) Был проведен анализ конкурентных технических решений. Коэффициент находится выше конкурирующих решений, из этого можно сделать вывод, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества.

3) Распланирована структура работы и разработан график проведения исследования, с учетом трудоемкости работ; рассчитан бюджет научно-технического исследования.

4) Выявлены потенциальные потребители продукта исследования, определена экологическая, экономическая и ресурсоэффективности.

## **7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы. Это обязательство выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Целью данной работы является разработка измерительного комплекса для определения наименьшей (полевой) влагоемкости почвы. В разработке предлагается использовать метод точки росы для определения влажности. В результате, разработанная установка (опытный образец) обеспечит значительно более высокую степень автоматизации, по сравнению с весовыми методами лабораторного анализа, а так же снизит расходы предприятия, позволит контролировать качество полива различных видов растений.

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматривается рабочее место лаборанта, находящееся в лаборатории 256 8-го корпуса ТПУ, а также вредные и опасные факторы производственной среды, которые могут воздействовать на человека, негативные воздействия, оказываемые на окружающую природную среду, и возможные чрезвычайные ситуации.

### **7.1. Вредные факторы производственной среды**

Рабочее место (аудитория 256) располагается на втором этаже 8 учебного корпуса ТПУ по адресу ул. Усова 7. Данная лаборатория оборудована персональными компьютерами в количестве 7 штук, различным

лабораторным оборудованием, проектором. Стены окрашены матовой краской светло-бежевых тонов, потолки светлые. В кабинете 4 оконных проема. Продолжительность работ в лаборатории варьируется от 3 часов до 6.

Согласно [21] для данного рабочего места можно выделить следующие вредные факторы производственной среды:

### 7.1.1. Метеоусловия

Работа лаборанта относится к категории работ Iб (работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением). Оптимальные и допустимые показатели микроклимата, соответствующие данной категории работ и указанные в СанПиН 2.2.4.548-96 [20], можно выделить в таблицы 15 и 16.

Таблица 15 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22-24	21-25	60-40	0,1

Таблица 16 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22-24	21-25	60-40	0,1

Средняя температура в зимний период составляет приблизительно 19,1 °С, следовательно, температура в помещении соответствует допустимым нормам температуры воздуха ниже оптимальных величин. В летний период температура в лаборатории составляла 21,3 °С, что также соответствует диапазону допустимых температур ниже оптимальных. Данных по относительной влажности воздуха нет.

Движение воздуха – это важный фактор, способствующий созданию наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности человека. Вентиляция зданий имеет большое значение в оздоровлении условий труда. Она предназначена для удаления вредных выделений из рабочих помещений и подачи в них свежего воздуха. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [20], оптимальное значение скорости движения воздуха для категории работ Ib равно 0,1 м/с. На рассматриваемом рабочем месте подвижность воздуха менее 0,1 м/с, т.к. система вентилирования отсутствует, воздух перемещается от сквозняка. Движущийся воздух способствует усилению теплоотдачи организма путем конвекции и излучения, а также созданию условий для испарения влаги с поверхностей слизистых оболочек и кожного покрова.

### **7.1.2. Освещение**

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях. Освещенность рабочих помещений нормируется СНиП 23-05-95 [28] в зависимости от характеристики зрительной работы, определяемой минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [29] в зависимости от вида производственной деятельности. Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения для лабораторий приведены в таблице 3.

По определению коэффициент пульсации освещенности – это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменений во времени



светового потока [27]. Для лабораторий органической и неорганической химии коэффициент пульсации не более 10 %. Пульсации освещенности на рабочей поверхности утомляют зрение, а также может вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта [25].

Таблица 17 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый		22-24	21-25	60-40	0,1

### 7.1.3. Шум

Согласно [22], шум – это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук. Источниками шума на рассматриваемом рабочем месте являются: работающее оборудование (макет устройства, проходящая рядом автомобильная дорога, идущие через перегородку аудиторные занятия). В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 [23] для учреждений, в которых занимаются научной деятельностью, допустимый уровень звукового давления составляет 50 дБА. Воздействие шума на организм человека вызывает негативные изменения в органах слуха, центральной нервной системе и сердечно-сосудистой системе. Также действие шума способствует потере внимания, торможению психических реакций, что в условиях производства может привести к опасности возникновения несчастных случаев.

#### **7.1.4. Электромагнитные поля**

Электромагнитное излучение (ЭМИ) – распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля. При работе с электро- и радиотехническими устройствами и оборудованием допустимые уровни ЭМП нормируются ГОСТ 12.1.006–84 [40] и СанПиН 2.2.4.1191–03 [41]. Источником ЭМИ в лаборатории является компьютер и монитор. Работа с персональными электронно-вычислительными машинами нормируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [42]. При работе дисплея регистрируется слабое ультрафиолетовое, инфракрасное, микроволновое излучения, низко- и ультранизкочастотное электромагнитное поле. Электромагнитные излучения ухудшают работу сосудов головного мозга, что вызывает ослабление памяти, остроты зрения [25].

#### **7.1.5. Психофизиологические вредные факторы**

Нервно-психические перегрузки проявляются в форме перенапряжения, умственного перенапряжения. Перенапряжение зрительного анализатора, вызываемое недостаточной освещенностью, необходимостью рассматривать мелкие предметы, вызывает перенапряжение аккомодирующих мышц радужной оболочки глаз. В результате может быть головная боль, боль в области глазниц, прогрессирующая близорукость. При многократном повторении простейших движений работающий испытывает скуку, сонливость, падение интереса к работе.

### **7.2. Опасные факторы производственной среды**

#### **7.2.1. Электробезопасность**

Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при

прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, является опасным фактором.

В лаборатории влажность не превышает 75%, химически активная или органическая среда, разрушающая изоляцию и токоведущие части электрооборудования отсутствует, температура не выше 35 оС. Следовательно, согласно классификации помещений по опасности поражения людей электрическим током, представленной в Правилах устройства электроустановок [43], лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током.

Термином «статическое электричество» называют возникновение свободного электрического заряда на поверхности или внутри диэлектриков и весь комплекс связанных с этим физических явлений [24]. Источником статического электричества на рабочем месте являются компьютеры, экран монитора, электроприборы. При воздействии статического электричества на организм человека раздражаются нервные окончания кожи, в тканях организма происходит изменение ионного состава, может наблюдаться брадикардия (уменьшение частоты сердечных сокращений) и артериальная гипертензия (повышение артериального давления). Под воздействием статического электричества на нервные окончания может также изменяться кожная чувствительность и сосудистый тонус, стимулируется капиллярный кровоток. Одновременно возникают функциональные нарушения в центральной нервной системе. Появляются повышенная утомляемость, раздражительность, плохой сон.

Напряженность электрического поля является его характеристикой, которая равна отношению вектора силы, с которой поле действует на заряд, к самому заряду. Источником электрического поля на рабочем месте является персональный компьютер, электроприборы. Исследования различных научно-исследовательских институтов по охране и гигиене труда, показали, что электрическое поле вызывает определенные изменения в органах и

клетках человека, которые зависят от напряженности поля и длительности пребывания в нем [26].

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Основные коллективные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; применение малых напряжений; защитное заземление; зануление; защитное отключение. Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок, поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей под напряжением. В установках до 1000 В – это диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения.

### **7.2.2. Пожаровзрывобезопасность**

При нарушении норм и правил пожарной безопасности в лаборатории, неисправности электрооборудования, электропроводки может возникнуть пожар.

Согласно № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [11] рабочее место относится по функциональной пожарной опасности к классу Ф4.2 (здания образовательных учреждений высшего профессионального образования и дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов).

Работники лаборатории обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Лаборатория должна быть оснащена первичными средствами пожаротушения: двумя огнетушителями, ящик с песком и двумя накидками из огнезащитной ткани.

### **7.3. Охрана окружающей среды**

Раздел «Охрана окружающей среды» (ООС) разрабатывается в соответствии с требованиями Пособия к [31]. При выполнении проектных работ или эксплуатации оборудования действующим природоохранным законодательством предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды. При этом анализируются возможные источники вредных воздействий техногенной деятельности при разработке и реализации ВКР на различные природные среды окружающей среды [32].

#### **7.3.1. Защита атмосферы**

В качестве источника питания разрабатываемого комплекса, в процессе выполнения ВКР, и при дальнейшем его применении, используется литий-ионная аккумуляторная батарейка. При утилизации батареек совместно с другими бытовыми отходами, они попадают на свалку, где есть вероятность сжигания мусора. При сжигании батареек, в атмосферный воздух выделяются токсичные вещества, именуемые диоксинами.

Используемые аккумуляторные батарейки необходимо сдавать в специальные пункты приема, для дальнейшей утилизации.

#### **7.3.2. Защита гидросферы**

Также аккумуляторные батарейки, используемые в разрабатываемом комплексе, могут быть утилизированы с другими бытовыми отходами на свалку, но не подвергаться сжиганию. В этом случае, при разложении батареек, тяжелые металлы (олово, ртуть, цинк, магний, никель, кадмий, свинец) попадают в почву, затем в подземные воды и водохранилища, реки.

Используемые аккумуляторные батарейки необходимо сдавать в специальные пункты приема, для дальнейшей утилизации.

### **7.3.3. Защита литосферы**

Во время работы образуются следующие виды твердых отходов, оказывающие неблагоприятное воздействие на литосферу: офисная бумага, различные канцелярские принадлежности, перчатки, разбитая стеклянная лабораторная посуда, фильтровальная бумага, ткани. Все отходы выбрасываются в общий мусорный контейнер.

Для уменьшения нагрузки на полигоны целесообразно ввести отдельный сбор мусора. Бумагу и разбитую стеклянную посуду можно использовать повторно. Люминесцентные лампы содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов.

### **7.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Перед тем, как приступить к работе в химической лаборатории, необходимо пройти инструктаж. Прохождение инструктажа отмечается в лабораторном журнале по технике безопасности. Ответственность за это несет руководитель лаборатории.

Все химические реактивы следует хранить только в соответствующей таре с подписанными этикетками. Запрещается хранить растворы щелочей и кислот в тонкостенной стеклянной посуде. Лаборатория должна быть оборудована вытяжным шкафом для хранения кислот, щелочей и проведения опытов с ЛВЖ и ГЖ.

В лаборатории имеется медицинская аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

Перед началом работы должна быть приведена в действие приточно-вытяжная вентиляция, необходимо одеть спецодежду.

Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, порядок и правила техники безопасности, так как беспорядочность,

поспешность в работе могут приводить к несчастным случаям с тяжелыми последствиями.

После окончания работы в лаборатории необходимо привести в порядок рабочее место, убрать все химреактивы в шкафы.

В учебно-научно-исследовательских лабораториях разрешается работать не более 8 часов, при этом каждые 45-50 минут работы необходимо делать перерыв не менее 15 минут и после 4 часов работы обеденный перерыв не менее 1 часа.

## **7.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации (ЧС) – происшествие техногенного, экологического происхождения, заключающееся в резком отклонении от нормы протекающих процессов или явлений и оказывающих значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность человека, функционирование экономики, социальную среду и природную среду [33].

К ЧС природного характера в климатической зоне г. Томска возможны ураганы, сильные грозы, паводки и ливни. Так как рабочее место располагается в отдаленной зоне от разлива реки, то паводковые явления не наблюдаются.

В результате штормовых порывов ветра могут быть обрывы линий электропередач, из-за чего возможны перебои в электроснабжении, перегрузки, которые могут стать причиной пожара.

К возможным техногенным ЧС в лаборатории можно отнести пожары и выбросы вредных веществ. Своевременное и грамотное использование средств защиты является эффективной защитой человека в ЧС. Для защиты от поражающих факторов ЧС, используются средства коллективной и индивидуальной защиты. К поражающим факторам пожара относят открытый огонь, высокие температуры, дым, выделение вредных газов,

взрывоопасных, сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ, ударная волна, падающие части строительных конструкций.

Одной из основных причин гибели людей при пожаре является ни огонь и температура, а токсичные продукты горения. Поэтому противоподымная защита зданий, направленная на предотвращение или ограничение опасности задымления эвакуационных путей и зданий, отдельных помещений и удаление продуктов горения в определенном направлении, является первостепенной задачей противопожарной профилактики. В надлежащих местах должны быть вывешены планы эвакуации людей из здания.

К потенциально-опасным производственным объектам, располагающимся в непосредственной близости к рабочему месту, относятся Томский завод светотехники на проспекте Кирова, 5, Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева, который находится по адресу пр. Ленина, 28. и пивоваренный завод «Томское пиво», расположенного по адресу Московский тракт, 46.

Авария на пивоваренном заводе с выбросом аммиака может привести к попаданию корпуса №8 ТПУ в зону химического заражения. При получении информации об аварии с АХОВ необходимо надеть средства защиты органов дыхания (марлевая повязка, смоченная водой или 5% раствором лимонной или уксусной кислоты (2 чайных ложки на стакан воды), противогазы с дополнительным патроном), средства защиты кожи (плащ, накидка), покинуть район аварии в направлении, указанном в сообщении по радио (телевидению). Выходить из зоны химического заражения следует в сторону, перпендикулярную направлению ветра. Если из опасной зоны выйти невозможно, останьтесь в помещении и произведите его экстренную герметизацию: плотно закройте окна, двери, вентиляционные отверстия, дымоходы, уплотните щели в окнах и на стыках рам. При аварии с аммиаком следует укрываться на нижних этажах зданий.

В состав продукции, выпускаемой заводом светотехники, входят: галогенные, люминесцентные, металлогалогенные, неоновые.



энергосберегающие, натриевые, светодиодные лампы, а так же лампы накаливания. В случае аварии на заводе светотехники возможен выброс следующих вредных веществ: инертных газов (аргон, неон, гелий, криптон, ксенон), углеводородов, фосфатов, четыреххлористого углерода, три- и тетрахлорэтилена, частиц металлов (вольфрама, ниобия, титана, тория, никеля, железа, алюминия, меди, лития, калия, натрия, бария, рубидия цезия, магния, галлия и т.д.), паров ртути. В случае пожара могут лететь обломки сооружений, осколки стекла. В целях защиты от выброса вредных веществ необходимо надеть средства защиты органов дыхания, кожных покровов, герметизировать помещение (плотно закрыть окна и двери, вентиляционные отверстия).

Томский электромеханический завод производит и ремонтирует горную и общепромышленную технику, большую номенклатуру взрывозащищенного и общепромышленного оборудования, строительного и садово-огородного инструмента, мебельную фурнитуру и т. п. В структуре завода имеются гальванический цех, цех механической обработки, окраски деталей. Следовательно, в случае АС на заводе выбросы будут содержать: цианистый водород, аэрозоль серной кислоты, оксид хрома (VI), аэрозоль никелевого раствора, пары масла, щелочь, оксид азота (IV), фтористый и хлористый водород, бензин, бензол, три- и тетрахлорэтилен, уайт-спирит [34].

#### 6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К работе в химических лабораториях допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья. Лица, допущенные к работе в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

Правила по охране труда – это огромный массив документов, актов и норм, в которых установлены правила обязательные к выполнению на всех

этапах промышленных и производственных процессов. Такие правила регулируют отношения между работодателем и сотрудником, а также предусматривают все необходимые нормы для безопасного и продуктивного выполнения трудовых обязанностей. Правила по охране труда охватывают также нормы по эксплуатации оборудования, хранения вредной для здоровья, взрывоопасной и прочей продукции, утилизации отходов и прочее.

Охрана труда является неотъемлемой частью в абсолютно любой сфере трудовой деятельности. Это четкие инструкции и правила, соблюдение которых влияет на здоровье всех служащих и рабочих, а также на продуктивность производства. Определенные инструкции по охране труда варьируются в зависимости от направления и особенностей производства. Все пункты инструкций предусмотрены законодательно и обязательны к выполнению. Лица, допустившие невыполнение или нарушение инструкций по охране труда, привлекаются к дисциплинарной ответственности в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и, при необходимости, подвергаются внеочередной проверке знаний и норм и правил охраны труда.

Статья 212 гл. 34 раздела X ТК РФ [36] и ст. 16 раздела IV Конвенции [37] обязывает работодателя обеспечить применение средств индивидуальной и коллективной защиты на рабочем месте. Согласно Постановлению Минтруда РФ [35] лаборант химического анализа на рабочем месте должен иметь халат хлопчатобумажный, перчатки резиновые и респиратор.

В соответствии со ст. 91 гл. 15 раздела IV ТК РФ [36] нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Согласно ст. 100 гл. 16 раздела IV ТК РФ [36] режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (шестидневная с одним выходным днем).

Руководствуясь трудовым законодательством, режим труда и отдыха предусматривают с учетом специфики труда всех работающих, в первую

очередь обеспечивают оптимальные режимы работающих, с повышением физическими и нервно-эмоциональными нагрузками, в условиях монотонности и с воздействием опасных и вредных производственных факторов.

На основании ст. 217 гл. 35 раздела X в целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля за их выполнением в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью более 100 работников создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.

Федеральный государственный надзор труда осуществляется Федеральной инспекцией труда, состоящей из Федеральной службы по труду и занятости и ее территориальных органов (государственных инспекций труда) в соответствии с ратифицированными Российской Федерацией конвенциями Международной организации труда по вопросам инспекции труда, Трудовым кодексом Российской Федерации, другими федеральными законами и иными решениями Правительства Российской Федерации.

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы был разработан макет измерительного комплекса для определения абсолютной влажности почвы. В ходе работы были выполнены все поставленные задачи:

1) Освоен весовой метод измерения влажности почвы по ГОСТ 28268-89. Данный метод был использован, как для заготовки проб почвы с заведомо известной влажностью, так и для сравнения результатов, которые показал разработанный измерительный комплекс.

2) Разработан макет измерительного комплекса на основе метода точки росы. Определены необходимые технические параметры и характеристики работоспособности прибора.

3) Разработанный измерительный комплекс апробирован на различных почвах. Проведен анализ и сравнение результатов весового метода измерения влажности почвы и метода точки росы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.
2. Невзоров А.В. Техническая модернизация каналов лазерного зондирования сибирской лидарной станции / Дисс. ... канд. техн. наук. - Томск, 2005. - 128 с.
3. Украинский П.А. Оценка земель сельскохозяйственного назначения по показателям плодородия для дистанционного мониторинга / Дисс. ... канд. геогр. наук. - Белгород, 2011. - 178 с.
4. Яценко А.С. Суточная динамика радиояростной температуры почв в процессах испарения и инфильтрации, замерзания и оттаивания / А.С. Яценко. - Омск, 2009. – 260 с.
5. Кривальцев С.В. Дистанционное зондирование деградированных почв / С.В. Кривальцев. - Омск, 2005. – 175 с.
6. Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей. Учебное пособие для вузов / Мурзин В.С.. - Л.:Логос, 2007. - 486 с.
7. Дмитриев А.В. Основы дистанционных методов измерения влагозапасов в снеге и влажности почв по гамма-излучению Земли / А.В. Дмитриев, Ш.Д. Фридман. - Л.:Гидрометиздат, 1979. - 304 с.
8. Khvorostianov V.I. Thermodynamics, kinetics and microphysics of clouds / V.I. Khvorostianov, J.A. Curry. - New York:Cambridge university press, 2014. - 782 с.
9. Обиралов А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: Учеб. пособие / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. - М.:КолосС, 2006. - 334 с.

10. Сайт фирмы "Платан" (Россия) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.platan.ru/>. - - 23.05.2016

11. Попов А.Н. Эспериментальная установка для исследования инфракрасных сигналов почвы различной влажности / А.Н.Попов, А.С.Гордеев. - Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2013. – 96 с.

12. Финкельштейн М.И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования / Финкельштейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П.. – Дрозд, М.:Недра, 1986 – 483 с.

13. Яковлев О.И. Распространение радиоволн / Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г.. - М.:ЛЕНАНД, 2009. - 496 с.

14. Берлинер М.А. Измерения влажности Издание 2: Учебное пособие для вузов / Берлинер М.А. - Л.:Логос, 2004. - 269 с.

15. Ничуговский Г.Ф. Определение влажности химических веществ: Учеб./ Ничуговский Г.Ф. – Мн.: Новое знание, 2009. – 463 с.

16. Берлинер М.А. Электрические измерения, автоматический контроль и регулирование влажности Издание 2: Учебное пособие для вузов / Берлинер М.А. - Л.:Логос, 2006. - 320 с.

17. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10. т. Т. VIII. Электродинамика сплошных сред. – 4-е изд., стереот.-м.: Физматлит, 200 т. – 656 с.

18. Наркевич И.И. Физика: Учеб./ И.И. Наркевич, Э.И. Вомлянский, С.И. Лобко. – Мн.: Новое знание, 2004. – 380 с.

19. Т.П. Марчик, А.Л. Ефремов Почвоведение с основами растениеводства: Учеб. Пособие / .П. Марчик, А.Л. Ефремов - М.:КолосС, 2008. - 460 с.

20. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 N 21).

21. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

22. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением №1).

23. БЖД. Лабораторный практикум. «Воздействие электромагнитного поля на персонал». <http://forca.ru/knigi/arhivy/remont-vl-pod-napryazheniem-8.html>.

24. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: Метод указания / Белов С.В. – Логос, 2007 – 245 с.

25. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями).

26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. 2.2.1/2.1.1. Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных пунктов. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

27. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

28. СНиП 11-01-95 «По разработке раздела проектной документации».

29. М. Э. Гусельников. Безопасность жизнедеятельности. Чрезвычайные ситуации: Задания и методические указания по выполнению практических работ №1 и №2 для студентов всех направлений и специальностей. Томск: Изд-во ТПУ, 2005 – 20 с.

30. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом (по величинам удельных показателей) (с учетом редакционных правок НИИ Атмосфера). Санкт-Петербург – 2000 г.

31. Постановление Минтруда РФ от 22 июля 1999 г. N 26 "Об утверждении типовых отраслевых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам химических производств".

32. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017)

33. Конвенция Международной Организации Труда N 155 о безопасности и гигиене труда и производственной среде (Женева, 3 июня 1981 г.).

34. Конституция РФ (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ)

35. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды".

36. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1).

37. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

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