

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка портативного комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра

УДК 681.2.089:551.508.53/.54

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Бердникова Анжелика Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. отделом НИР ООО «Сибаналитприбор»	Тельминов Алексей Евгеньевич	к.ф.-м.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с.		
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по направлению 27.04.01

«Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК- 1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводит анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Универсальные компетенции		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК- 26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Казаков В.Ю.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Бердниковой Анжелике Сергеевне

Тема работы:

Разработка портативного комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1097/с от 12.02.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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>Портативный комплекс для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвуковых термоанемометров. ГОСТ Р ИСО 16622–2009. Метеорология. Акустические анемометры-термометры. Методы приемочных испытаний при измерении средней скорости ветра. – М.: Стандартинформ, 2010. – 24 с. Портативный комплекс должен работать в полевых условиях.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>Методы и средства измерений метеорологических величин; Требования к измерениям метеорологических величин; Автоматическая метеорологическая станция; Ультразвуковой термоанемометр, его конструкция, основные технические характеристики, принцип действия; Проведение градуировки ультразвукового термоанемометра в лабораторных условиях; Назначение портативного комплекса; Принцип действия портативного комплекса; Калибровка термоанемометра с помощью портативного комплекса; Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Социальная ответственность.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в программе Microsoft PowerPoint</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Основные разделы</p>	<p>А.Е. Тельминов</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>В.С. Николаенко</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Н.А. Атепаева</p>
<p>Раздел, выполненный на английском языке</p>	<p>А.В. Диденко</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Development of a portable complex for control and calibration of ultrasonic thermo-anemometer</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>04.02.2019 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель/консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Суханов Алексей Викторович</p>	<p>к.х.н.</p>		
<p>Зав. отделом НИР ООО«Сибаналитприбор»</p>	<p>Тельминов Алексей Евгеньевич</p>	<p>к.ф.-м.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8ГМ71</p>	<p>Бердникова Анжелика Сергеевна</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Бердниковой Анжелике Сергеевне

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	24.07.01 Стандартизация и метрология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г. Томску
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений.
2. Разработка устава научно-технического проекта	– цели и результаты исследования; – участники проекта.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– структура работ в рамках научно-технического проекта; – определение трудоемкости выполнения работ; – составление графика проведения научно-технического проекта; – определение бюджета научно-технического проекта.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	оценка эффективности проекта.

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

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. График проведения НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2019 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Бердникова Анжелика Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Бердниковой Анжелике Сергеевне

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	24.07.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

Разработка портативного комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является портативный комплекс для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра (УЗТА), который разрабатывается с целью упрощения процедуры калибровки и исключает необходимость отправки УЗТА в орган, аккредитованный на право проведения калибровки.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032–78.</p> <p>Организация работ должна проводиться в соответствии с требованиями НТД:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ФЗ от 30.12.2001г. №197-ФЗ (ред. от 01.04.2019); – ГОСТ 12.0.003-2015; – ГОСТ 12.1.004-91; – ГОСТ 12.1.019-2017; – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; – СанПиН 2.2.4.3359-16; – СанПиН 2.2.4.548-96; – СП 52.13330.2016; – СП 60.13330.2016; – СП 12.13130.2009.
2. Производственная безопасность: <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> – недостаток освещенности рабочей зоны; – влияние электромагнитного излучения; – влияние микроклимата; – воздействие ультразвука. <p>Рассмотрены мероприятия по защите</p>

	от пожара и поражения электрическим током, которые могут возникнуть при разработке портативного комплекса.
3. Экологическая безопасность:	В работе проведён анализ негативного воздействия на литосферу, возникающего при утилизации неисправного оборудования (сломанные средства измерения, электрические приборы и т.д.)
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Существует вероятность возникновения ЧС, особенно – пожаров.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.02.2019 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Бердникова Анжелика Сергеевна		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Уровень образования – Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
19.02.2019	Аналитический обзор о методах и средствах измерений метеорологических величин	10
05.03.2019	Теоретическое исследование ультразвукового термоанемометра	10
02.04.2019	Проведение градуировки ультразвукового термоанемометра в лабораторных условиях	20
30.04.2019	Описание принципа действия разрабатываемого портативного комплекса. Проведение тестовых испытаний	20
08.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
15.05.2019	Социальная ответственность	10
22.05.2019	Написание раздела на иностранном языке	10
28.05.2019	Оформление расчетно-пояснительной записки	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. Отделом НИР ООО«Сибаналитприбор»	Тельминов Алексей Евгеньевич	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 115 страниц, 30 рисунков, 41 таблица, 25 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: ультразвуковой термоанемометр, портативный комплекс для контроля и калибровки ультразвукового термоанемометра, метеорологические величины, скорость ветра, температура.

Объектом исследования является портативный комплекс для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра.

Цель работы – разработка портативного комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра. Портативный комплекс необходим для контроля и калибровки ультразвуковых термоанемометров, находящихся в труднодоступных местах, с целью определения корректности измерений и вычислений метеорологических параметров.

В процессе работы проводилось теоретическое ознакомление со средствами измерений, используемыми в данный момент в метеорологии; теоретическое ознакомление с объектом испытания; проведение градуировки ультразвукового термоанемометра в лабораторных условиях; описание и разработка портативного комплекса; тестовый контроль и калибровка метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра с помощью портативного комплекса и анализ полученных выходных данных.

В результате работы был разработан портативный комплекс для контроля и калибровки ультразвукового термоанемометра, управление которым осуществляется с помощью персонального компьютера, а также проведены тестовые испытания и определены некоторые метеорологические параметры ультразвукового термоанемометра.

Основной конструктивной особенностью является использование портативного комплекса в полевых условиях.

Степень внедрения: НИР, выполняемые в ИМКЭС СО РАН и серийное изготовление предприятием ООО «Сибаналитприбор».

Область применения: метеорология, экология, оборона, энергетика и научные исследования.

Экономическая эффективность разработанного портативного комплекса заключается в том, что имеется возможность контролировать работоспособность и калибровать ультразвуковой термоанемометр без использования испытательного оборудования, такого как: климатическая камера и аэродинамическая труба. Кроме того, имея мобильный комплекс, исключается необходимость отправки ультразвукового термоанемометра в соответствующий сертификационный центр для повторных или внеочередных калибровок, тем самым, экономятся финансовые и временные ресурсы.

Определения

В данной работе приведены следующие термины с соответствующими определениями:

ультразвуковой термоанемометр: Прибор, состоящий из решетки преобразователей, составленной из пар акустических излучателей и приемников, тактового генератора и микропроцессорной схемы для измерения интервалов времени от момента излучения до момента приема звукового импульса.

Ультразвук: Упругие колебания в диапазоне частот от 20 кГц до 1000 МГц, передающиеся в воздушной, жидкой и твердой средах.

Скорость ветра: Горизонтальное перемещение потока воздуха параллельно земной поверхности, возникающее в результате неравномерного распределения тепла и атмосферного давления и направленное из зоны высокого давления в зону низкого давления.

Температура воздуха: Мера кинетической энергии колеблющихся частиц, характеризующая состояние равновесия, пропорциональна кинетической энергии хаотического движения частиц системы.

Градуировка: Зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений, составленная в виде таблицы, графика или формулы.

Калибровка средства измерений: Совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений.

Сокращения

В данной работе использованы следующие сокращения:

ВМО – Всемирная метеорологическая организация;

Росгидромет – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;

СИ – средство измерений;

УЗТА – ультразвуковой термоанемометр;

УГИ – ультразвуковая головка измерительная;

АМС – автоматическая метеорологическая станция.

Оглавление

	С.
Введение	17
1 Методы и средства измерений метеорологических величин	20
1.1 Требования к измерениям метеорологических величин	20
1.1.1 Измерение температуры воздуха	21
1.1.2 Измерение параметров ветра	25
1.1.3 Измерение влажности воздуха	29
1.1.4 Измерение атмосферного давления воздуха	31
1.2 Автоматическая метеорологическая станция	33
2 Ультразвуковой термоанемометр	36
2.1 Конструкция. Основные технические характеристики	36
2.2 Принцип действия	39
3 Проведение градуировки ультразвукового термоанемометра в лабораторных условиях	42
3.1 Используемые средства измерений при проведении градуировки ультразвукового термоанемометра	42
3.2 Градуировка ультразвукового термоанемометра	42
3.2.1 Порядок выполняемых работ	42
3.2.2 Определение параметров основной градуировочной характеристики датчика давления блока УГИ в диапазоне давлений	43
3.2.3 Определение параметров градуировочной характеристики датчика влажности блока УГИ	48
3.2.4 Градуировка термоанемометра блока УГИ	50
3.2.5 Определение параметров, используемых при вычислении поправки к показаниям датчика давления на влияние температуры	52
3.2.6 Запись градуировочных параметров в УГИ	57
3.2.7 Контроль результатов градуировки УГИ	58
4 Разработка портативного комплекса	62

4.1 Портативный комплекс. Назначение. Функциональная схема	62
4.2 Принцип работы портативного комплекса	64
4.3 Тестовые испытания портативного комплекса	67
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	71
5.1 Предпроектный анализ	71
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	71
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	72
5.2 Инициация проекта	74
5.2.1 Цели и результат проекта	74
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	75
5.3.1 Структура работ в рамках проекта	75
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	76
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	77
5.4 Определение бюджета научно-технического исследования	78
5.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	78
5.4.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы	81
5.4.3 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей темы	82
5.4.4 Расчет накладных расходов	83
5.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	84
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	84
6 Социальная ответственность	87
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	88
6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	88
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	89
6.2 Профессиональная социальная безопасность	90
6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть	90

при производстве объекта на предприятии	
6.2.1.1 Влияние электромагнитных излучений	91
6.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	92
6.2.1.3 Влияние микроклимата	93
6.2.1.4 Электрический ток	94
6.2.1.5 Воздействие ультразвука	95
6.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от	96
действия опасных и вредных факторов	
6.2.2.1 Электробезопасность	97
6.2.2.2 Пожарная безопасность	98
6.3 Экологическая безопасность	99
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
Заключение	103
Список использованных источников	104
Приложение А Блок УГИ. Градуировочные параметры	107
Приложение Б Development of a portable complex for control and	108
calibration of ultrasonic thermo-anemometer	
CD-диск. Магистерская диссертация. Разработка портативного	
комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров	
ультразвукового термоанемометра. Файл Бердникова Анжелика. pdf	

Введение

Наукой, занимающейся изучением земной атмосферы, физико-химическими процессами, протекающими в ней, является метеорология. В современном мире имеется необходимость в той или иной мере знать фактическое значение температуры окружающего воздуха и других метеорологических параметров. Так, для прогнозирования погоды необходимы точные данные с огромного числа точек земной поверхности. Знание параметров окружающей среды при проведении экспериментов является важной составляющей научных исследований и испытаний. Одним из средств измерений, с помощью которого возможно получить значения скорости ветра и температуры воздуха, является ультразвуковой термоанемометр. В связи с развитием электроники ультразвуковые термоанемометры стали дополняться датчиками давления и влажности, а, следовательно, расширили возможности измерения других метеорологических параметров, и по своей сути стали являться автономными метеорологическими станциями. Эти станции имеют широкое применение в экологии, метеорологии, научных исследованиях, а также в военном деле. Зачастую автономные метеорологические станции располагают в труднодоступных, удаленных местах. Существуют различные подходы к конструированию метеостанций и обеспечению их работоспособности. Некоторыми из таких подходов могут являться расположение датчиков в специальных жалюзийных корпусах с радиационными экранами или расположение электронного блока на дополнительной штанге от измерительной головки в целях уменьшения искажений, вносимых электронным блоком. Такая аппаратура более стабильна и не требует частого обслуживания. В этом случае выгодно использовать ультразвуковой термоанемометр, который по своей конструкции лишен движущихся элементов и, соответственно, более стабилен при использовании в различных условиях. Однако эксплуатация ультразвуковых термоанемометров в

дальнем плавании или полевых условиях может привести к непригодности использования вследствие каких-либо внешних повреждений конструкции или иных причин, поэтому существует необходимость проверки корректной работы изделия и его калибровки.

Возникает проблема метрологического обеспечения ультразвуковых термоанемометров и автоматических метеорологических станций. Практически выгодно иметь мобильную аппаратуру для того, чтобы калибровать и настраивать ультразвуковые термоанемометры. При стандартном подходе существует необходимость транспортировать ультразвуковой термоанемометр в лабораторию для проведения испытаний, что требует существенных временных затрат. Портативный комплекс разработан для упрощения процедуры периодической или внеочередной калибровки, а, следовательно, уменьшает затраты времени и средств при отправке в соответствующий сертификационный центр, и повышает производительность труда.

Актуальность работы заключается в решении задачи по проверке корректной работы ультразвукового термоанемометра и его калибровке.

Целью работы является разработка портативного комплекса для контроля и калибровки ультразвуковых термоанемометров. Работа выполнялась в ИМКЭС СО РАН и ООО «Сибаналитприбор» под руководством Тельминова Алексея Евгеньевича и Чалова Евгения Юрьевича.

Практическая значимость данной разработки заключается в том, что её наличие позволяет провести процедуру контроля и калибровки ультразвукового термоанемометра на значительных расстояниях от сертификационных центров и без использования стандартного испытательного оборудования.

Научная новизна данной разработки заключается в том, что на отечественном рынке отсутствуют аналоги портативного комплекса для контроля и калибровки ультразвукового термоанемометра.

При разработке портативного комплекса был поставлен ряд задач, суть которых отражена краткими пояснениями к разделам, указанным ниже.

В первом разделе приведен общий аналитический обзор о методах и средствах измерений метеорологических величин, основные требования к измерениям метеорологических величин.

Во втором разделе приведен аналитический обзор об ультразвуковом термоанемометре, его конструкции и основных параметрах, а также описан принцип действия объекта.

В третьем разделе ведется обсуждение метода градуировки УЗТА в стационарных условиях и используемого испытательного оборудования, изложена процедура проведения градуировки УЗТА с помощью стандартного метода градуировки и обрабатываются полученные результаты измерений.

В четвертом разделе представлена функциональная схема портативного комплекса, описан принцип работы портативного комплекса, а также приведены результаты испытаний.

Кроме того, в работе содержится список использованных источников, приложения.

1 Методы и средства измерения метеорологических величин

1.1 Требования к измерениям метеорологических величин

Обеспечение отраслей экономики метеорологической информацией является особо важным критерием, так как, зная эту информацию, имеется возможность эффективно использовать благоприятные условия погоды и климата, а также заблаговременно прогнозировать и оповещать об опасных метеорологических явлениях.

Одними из основных метеорологических параметров, контролируемых на метеостанциях, являются: температура воздуха, скорость и направление ветра, влажность воздуха и атмосферное давление. К измерениям указанных величин для различных научно-практических задач предъявляются требования, согласно [1, 2], которые представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Требования к измерениям метеорологических величин

Измеряемая величина	Диапазон измерений (согласно РД 52.18.761 и ВМО №8)	Предел допускаемой основной погрешности для внедряемых средств измерений	Требования к точности измерений (согласно ВМО №8)				
			Климатология	Авиационная метеорология	Синоптическая метеорология	Морская метеорология	Агрометеорология
Температура воздуха (t), °С	(минус 60 – 60) (минус 80 – 60)	$\pm 0,2$ для $t > \text{минус } 30$; $\pm 0,3$ для $t \leq \text{минус } 30$	$\pm 0,3$ для $t \leq \text{минус } 40$; $\pm 0,1$ для $\text{минус } 40 < t \leq 40$; $\pm 0,3$ для $t > 40$	$\pm 0,4$ для $t = \text{минус } 60 - 55$	$\pm 0,3$ для $t \leq \text{минус } 40$; $\pm 0,1$ для $\text{минус } 40 < t \leq 40$; $\pm 0,3$ для $t > 40$	$\pm 0,3$ для $t \leq \text{минус } 40$; $\pm 0,1$ для $\text{минус } 40 < t \leq 40$; $\pm 0,3$ для $t > 40$	$\pm 0,3$ для $t \leq \text{минус } 40$; $\pm 0,1$ для $\text{минус } 40 < t \leq 40$; $\pm 0,3$ для $t > 40$
Средняя скорость ветра (V_{cp}), м/с	(0,5 – 55) (0 – 75)	$\pm 0,5$ для $V_{\text{cp}} \leq 5$; $\pm 6\%$ для $V_{\text{cp}} > 5$;	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$ для $V_{\text{cp}} \leq 5$; $\pm 10\%$ для $V_{\text{cp}} > 5$;	$\pm 0,5$ для $V_{\text{cp}} \leq 5$; $\pm 10\%$ для $V_{\text{cp}} > 5$;	± 1 узел (0,514 м/с) для $V_{\text{cp}} \leq 20$ узлов (10,28 м/с); $\pm 5\%$ для $V_{\text{cp}} > 20$ узлов	$\pm 10\%$ для $V_{\text{cp}} > 1$

Продолжение таблицы 1.1

Измеряемая величина	Диапазон измерений (согласно РД 52.18.761 и ВМО №8)	Предел допускаемой основной погрешности для внедряемых средств измерений	Требования к точности измерений (согласно ВМО №8)				
			Климатология	Авиационная метеорология	Синоптическая метеорология	Морская метеорология	Агрометеорология
Максимальная скорость ветра (порывов), м/с	(5 – 60) (0,1 – 150,0)	± 10 %	–	–	10 %	–	–
Направление ветра, градус	(0 – 360) (0 – 360)	± 5	± 10	± 10	± 5	± 5	± 10
Атмосферное давление, гПа	(600 – 1100) (500 – 1080)	± 0,3	± 0,3	± 0,5	± 0,1	± 0,1	–
Относительная влажность (f), %	(10 – 100) (10 – 100)	± 5 для $t > \text{минус } 10$ и $f \leq 90$; ± 3 для $t > \text{минус } 10$ и $f = 1-100$; ± 7 для $t \leq \text{минус } 10$	± 3	± 5 для $t > 0$; ± 10 для $t \leq 0$	± 3 для $f \leq 50$; ± 2 для $f > 50$	–	± 1

Для получения метеорологической информации необходимо использовать соответствующие средства измерений.

1.1.1 Измерение температуры воздуха

Термометры и термографы являются средствами измерения температуры воздуха. Рабочим веществом термометра может быть любое вещество, которое изменяет свои свойства в зависимости от температуры окружающей среды. Такими свойствами, используемыми в метеорологических термометрах, являются тепловое расширение и изменение электрического сопротивления при изменении температуры. Кроме того, применяются специальные методы определения температуры воздуха с помощью ультразвуковых измерений.

На стандартных метеорологических станциях для наблюдений за температурой воздуха используются жидкостные стеклянные термометры. В настоящий момент все чаще стали применяться электрические термометры, у которых выходной сигнал можно использовать в дистанционной индикации, записи, хранении и передаче данных температуры.

В таблице 1.2. представлены метрологические характеристики и назначения СИ, которые используются при неавтоматизированных измерениях температуры воздуха в приземном слое на государственной наблюдательной сети (Росгидромет) [3].

Внешний вид термометров ТМ-1, ТМ-2 и ТМ-4 изображен на рисунке 1.1.

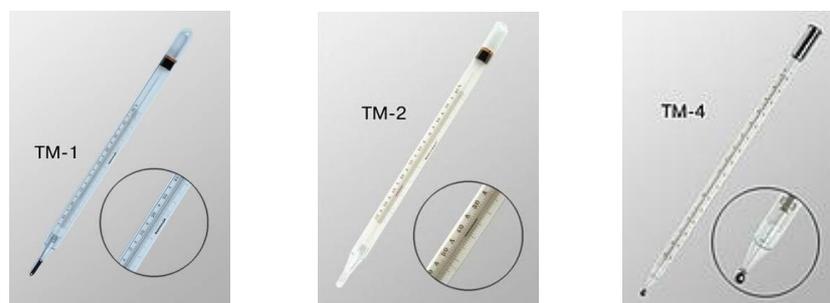


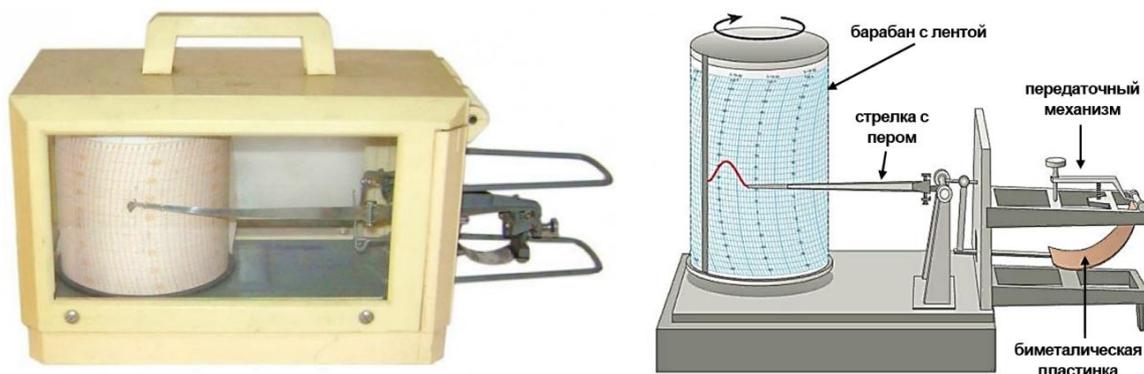
Рисунок 1.1 – Внешний вид термометров ТМ-1, ТМ-2 и ТМ-4

Термографы с биметаллическим чувствительным элементом М-16А используют не только для измерений, но и для регистрации изменений температуры воздуха во времени в наземных условиях. Основным принципом действия термографа является изменение радиуса изгиба биметаллической пластины при изменении температуры окружающего воздуха. Деформация пластины преобразуется в перемещение стрелки по диаграммному бланку. А диаграммный бланк вращается с помощью барабана, внутри которого размещен часовой механизм. В зависимости от типа часового механизма термографы М-16А могут изготавливаться в двух модификациях: М-16АС – суточные, М16-АН – недельные [3]. Внешний вид термографа М-16А и его составные части изображены на рисунке 1.2. Метрологические характеристики термографа с биметаллическим чувствительным элементом М-16А представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.2 – Средства измерения температуры воздуха, используемые Росгидромет

Наименование средства измерений	Назначение	Диапазон измерения, °С	Цена деления шкалы, °С	Пределы допускаемых систематических составляющих погрешности термометров в поверяемых отметках шкалы, °С													
				минус 70	минус 60	минус 50	минус 40	минус 30	минус 20	минус 10	0-40	50	60	70			
Термометр метеорологический стеклянный: - ТМ1-1 - ТМ1-2	Измерение максимальной температуры за промежуток времени	от минус 35 до 50	0,5														
		от минус 20 до 70	0,5						± 0,8	± 0,5	± 0,4			± 0,5			
Термометр метеорологический стеклянный: - ТМ2-1 - ТМ2-2 - ТМ2-3	Измерение минимальной температуры за промежуток времени	от минус 70 до 20	0,5														
		от минус 60 до 30	0,5	± 2,5	± 2,0	± 1,5	± 1,0	± 0,8	± 0,5								
		от минус 50 до 40	0,5														
Термометр метеорологический стеклянный: - ТМ4-1 - ТМ4-2	Определение температуры и влажности воздуха	от минус 35 до 40	0,2														
		от минус 25 до 50	0,2							± 0,3		± 0,2					
Термометр метеорологический стеклянный: - ТМ6-1 - ТМ6-2	Для измерения низких температур воздуха	от минус 30 до 50	0,2														
		от минус 25 до 50	0,2							± 0,3		± 0,2					
Термометр метеорологический стеклянный: - ТМ8-1 - ТМ8-2	Для быстрого измерения максимальной температуры воздуха в походной обстановке	от минус 30 до 50	0,5														
		от минус 35 до 40	0,5							± 0,8	± 0,6	± 0,5					

Так как стационарные жидкостные термометры, установленные на открытом воздухе, в дневное время могут поглощать значительное количество солнечной радиации, то их собственная температура может отличаться от истинной температуры воздуха. Для того чтобы термометры и термограф защитить от радиационного нагрева, попадания осадков и случайного механического повреждения, их размещают в жалюзийных психометрических и метеорологических будках соответственно.



a *б*
 Рисунок 1.2 – Внешний вид термографа М-16А (*a*)
 и его составные части (*б*)

Таблица 1.3 – Метрологические характеристики термографа с биметаллическим чувствительным элементом М-16А

Наименование характеристики	Модификация	
	М-16АС	М-16АН
Диапазон измерений температуры, °С	от минус 45 до + 35 или от минус 35 до +45	
Пределы основной погрешности температуры, °С	допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1	
Пределы основной погрешности записи времени на диаграммной бланке при температуре (20 ± 5) °С, не более	± 10 мин за 24 ч	± 70 мин за 168 ч

В подразделениях Росгидромет на автоматических метеорологических станциях в качестве измерителя температуры воздуха используется совмещенный измеритель температуры и влажности воздуха НМР 45А и НМР 45D [3]. Он используется совместно с радиационной защитой DTR 502

или DTR 13 (Vaisala). Для измерения температуры в измерителях HMP 45A и HMP 45D применяются платиновые датчики сопротивления Pt 100 и Pt 1000 соответственно. Измерение влажности производится с помощью емкостного датчика HUMICAP 180, изготовленного из тонкой полимерной пленки. Оба этих измерительных элемента, температуры и влажности, устанавливаются на конце зонда и защищены мембранным фильтром. Внешний вид измерителей HMP 45A/D и радиационной защиты DTR 502 представлен на рисунке 1.3. Основные технические характеристики измерителей HMP 45A и HMP 45D представлены в таблице 1.4.



Рисунок 1.3 – Внешний вид датчика HMP 45A/D (а) и радиационной защиты DTR 502 (б)

Таблица 1.4 – Метрологические характеристики измерителей температуры и влажности HMP 45A и HMP 45D

Измеряемая величина	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений
Температура воздуха	(минус 40 – 60) °C	± 0,2 °C
Относительная влажность	(0,8 – 100,0) %	± 2 % при влажности < 90 % ± 3 % при влажности ≥ 90 %

1.1.2 Измерение параметров ветра

Согласно [2], скорость ветра – это трехмерная векторная величина со случайными мелкомасштабными колебаниями в пространстве и времени, наложенными на крупномасштабный организованный поток. Однако в гидрометеорологии ветер чаще рассматривается как двумерная векторная величина, заданная двумя числовыми значениями, характеризующими

горизонтальное направление и скорость. В основном пользователям информации о ветре необходим только усредненный горизонтальный ветер, представленный в полярной системе координат значениями скорости и направления.

В большинстве приборов измерение характеристик ветра основано на оценке изменения положения подвижных элементов, свободно перемещающихся под влиянием ветра. Исключением являются анемометры, основанные на принципе трубки Пито, акустические анемометры, анемометры с горячим диском и нитью.

Анемометры, основанные на принципе трубки Пито, регистрируют скорость ветра посредством измерения избыточного давления в трубке, ориентируемой по направлению ветра с помощью флюгера.

Анемометры с горячим диском – это твердотельные приборы, измеряющие градиент температуры внутри чипа, что позволяет получить как скорость, так и направление ветра с высокой точностью. Кроме того, они прочны и имеют устойчивую во времени калибровку, однако, сфера их применения ограничена.

Анемометры с горячей нитью измеряют степень охлаждения тонкой разогретой нити, и на основе этой информации восстанавливают характеристики ветра. Они малонадежны при ежедневном использовании вследствие хрупкости и изменчивости калибровочных характеристик в условиях загрязненной и влажной окружающей среды.

Акустические анемометры позволяют оценивать скорость (горизонтальную и вертикальную компоненты) и направление ветра на основе измерения времени между излучением и приемом ультразвукового импульса, распространяющегося вдоль фиксированного отрезка. Поскольку акустические анемометры, в силу физических принципов их работы, не содержат движущихся элементов, они отличаются большим временем службы и сравнительно медленным ухудшением точности измерений со временем [2].

Чашечные и крыльчатые анемометры состоят из двух узлов: вертушки и генератора сигнала. Под воздействием потока воздуха вертушки анемометров вращаются с угловой скоростью, прямо пропорциональной скорости ветра, в случае крыльчатой вертушки, составляющей скорости ветра, параллельной оси вращения. Это, в свою очередь, позволяет приводить в действие генераторы сигнала различной конструкции. Чашечные и крыльчатые анемометры обладают следующими недостатками: большинство датчиков скорости ветра реагируют быстрее на увеличение скорости, чем на уменьшение, вследствие чего вертушки завышают фактическую среднюю скорость ветра; не способны фиксировать слабый ветер, скорость которого ниже их порога чувствительности приблизительно (0,2 – 0,8) м/с; вблизи порога чувствительности, то есть при скорости ветра менее 4 м/с, калибровочная кривая может существенно отклоняться от линейной.

Для того чтобы проводить параллельные измерения скорости и направления ветра крыльчатые и чашечные анемометры используют вместе с флюгерами. Кроме того, существуют приборы комбинированного типа – анеморумбометры, подвижная часть которых – анемометрический флюгер представляет собой крыльчатый анемометр и флюгер, объединённые в одном корпусе. В таблице 1.5 указаны наименования СИ и их метрологические характеристики, которые используются в настоящее время в качестве основных средств измерения скорости и направления ветра в приземном слое на сети Росгидромет [3].

Таблица 1.5 – Средства измерения характеристик ветра, применяемые на сети Росгидромет

Наименования средства измерений и характеристик ветра	Диапазон измерений или значение характеристики	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений	Примечание
Анеморумбометр М63М-1: $V_{\text{мгн}}$, м/с $V_{\text{ср}}$, м/с $V_{\text{макс}}$, м/с	(1,5 – 60) (1,2 – 40) (3 – 60)	$\pm (0,5 + 0,05V)$ $\pm (0,5 + 0,05V)$ $\pm (0,5 + 0,05V)$	Состоит из датчика ветра и пульта, отображает результаты на светодиодных

Продолжение таблицы 1.5

Наименования средства измерений и характеристик ветра	Диапазон измерений или значение характеристики	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений	Примечание
порог чувствительности, м/с D , градус	0,8 (0 – 360)	– ± 10	индикаторах пульта
Датчик ветра М–127: V , м/с D , градус порог чувствительности по V порог чувствительности по D	(2 – 60) (0 – 360) 0,8 1,2	$\pm (0,3 + 0,04V)$ ± 6 – –	Предназначен для работы в стационарных условиях в составе анеморумбометра или анеморумбографа
Анеморумбограф М63МР: $V_{\text{мгн}}$, м/с $V_{\text{ср}}$, м/с $V_{\text{макс}}$, м/с порог чувствительности, м/с D , градус	(3 – 60) (1,2 – 40) (1,5 – 60) 1,2 (0 – 360)	$\pm (0,5 + 0,05V)$ $\pm (0,5 + 0,05V)$ $\pm (1,0 + 0,05V)$ – ± 10	Усовершенствованный аналог анеморумбометра М63М–1, с помощью которого имеется возможность выводить измеряемые параметры на самописец и регистрировать данные на принтере или компьютере

Внешний вид, описанных выше средств измерений, изображен на рисунке 1.4.



а



б

Рисунок 1.4 – Внешний вид анеморумбометра М63М-1 (а) и датчика ветра М–127 (б)

В составе автоматических метеорологических комплексов в подразделениях Росгидромета для измерения скорости и направления ветра используется датчик Wind Monitor 05103 (R.M. Young Company) [4]. Внешний вид данного датчика представлен на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Внешний вид датчика ветра Wind Monitor 05103 (R.M. Young Company)

Этот датчик является надёжным механическим измерительным преобразователем, позволяющим проводить измерение характеристик ветра в большом диапазоне и с высокой точностью. Метрологические характеристики датчика ветра Wind Monitor 05103 представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Метрологические характеристики датчика ветра WindMonitor 05103

Измеряемая величина	Диапазон измерения	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений
V , м/с	(0 – 100)	$\pm 0,3$
D , градус	(0 – 360) $^{\circ}$	$\pm 3^{\circ}$
порог чувствительности по V	1,0, м/с	–
порог чувствительности по D	1,1, м/с	–

1.1.3 Измерение влажности воздуха

Влажность воздуха – содержание водяного пара в воздухе, характеризуемое рядом величин. Наиболее часто в качестве характеристик влажности воздуха измеряется относительная влажность – процентное отношение давления имеющегося в воздухе водяного пара к давлению водяного пара, насыщенного относительно воды, при одинаковых значениях температуры и давления [2].

К размещению датчиков влажности предъявляется ряд требований, такие как: необходимость защиты датчика от дождя и ветра, а также прямого солнечного излучения и атмосферных загрязняющих веществ; постоянный контроль того, чтобы внутри кожуха датчика не создавался местный микроклимат.

В таблице 1.7 представлены наименования и метрологические характеристики СИ, используемых в настоящее время для выполнения неавтоматизированных измерений влажности воздуха в приземном слое на сети Росгидромет [3]. Внешний вид средств измерений влажности воздуха отображен на рисунке 1.6.

Таблица 1.7 – Средства измерения влажности воздуха, применяемые на сети Росгидромет

Наименование средства измерений	Диапазон измерений	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений	Примечание
Гигрометр М-19: относительная влажность, %	(30 – 100)	± 10 при $t = (\text{минус } 35 - 45) \text{ } ^\circ\text{C}$	При изменении влажности воздуха меняется длина обезжиренного человеческого волоса, которая передается стрелке, расположенной на шкале
Гигрометр М-19-1: относительная влажность, %	(30 – 100)	± 10 при $t = (\text{минус } 35 - 45) \text{ } ^\circ\text{C}$	
Гигрограф М-21А: М-21АС, М-21АН относительная влажность, %	(30 – 100)	± 10	Самописец с часовым механизмом, чувствительным элементом которого является пучок обезжиренных волос: суточный – М-21АС, недельный – М-21АН.

В автоматических метеорологических станциях, используемых в подразделениях Росгидромета, в качестве измерителя влажности воздуха

используется совмещенный измеритель температуры и влажности воздуха HMP 45A или HMP 45D (Vaisala) [3]. Внешний вид датчика представлен на рисунке 1.3, а его метрологические характеристики в таблице 1.4.



Рисунок 1.6 – Внешний вид гигрометра М-19 (а), гигрометра М-19-1 (б) и гигрографа М-21А (в)

1.1.4 Измерение атмосферного давления воздуха

Атмосферное давление на данную горизонтальную поверхность – это сила, действующая на единицу площади этой поверхности, обусловленная весом вышележащей атмосферы. Давление, таким образом, равно весу вертикального столба воздуха с основанием в единицу площади, простирающегося от рассматриваемой поверхности до внешней границы атмосферы [2]. Для измерения атмосферного давления существуют множество различных методов и основанных на них средств измерений. В таблице 1.8 указаны наименования и метрологические характеристики СИ, используемых в настоящее время для измерений атмосферного давления в приземном слое на сети Росгидромет [3]. На рисунке 1.7 изображен внешний вид барометров СР-А/Б, М-67 и БРС-1(БРС-1М).

Таблица 1.8 – Средства измерения атмосферного давления, применяемые на сети Росгидромет

Наименование средства измерений	Диапазон измерений	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений	Метод измерения
Барометры ртутные СР: – СР-А, гПа – СР-Б, гПа	(810 – 1070) (680 – 1070)	$\pm 0,5$ $\pm 0,5$	Стеклянная трубка, верхний конец запаян, а нижний погружен в чашку с ртутью. Высота ртути изменяется под действием давления

Продолжение таблицы 1.8

Наименование средства измерений	Диапазон измерений	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений	Метод измерения
Барометр-анероид контрольный М-67, мм рт. ст.	(610 – 790)	$\pm 0,8$	Под воздействием внешнего давления происходит деформация герметично запаянной мембранной коробки, которая передается посредством рычажного механизма на стрелку индикатора
Барометр рабочий сетевой БРС-1: гПа мм рт. ст.	(600 – 1100) (450 – 825)	$\pm 0,33$ $\pm 0,25$	Электронный барометр, состоящий из модуля давления и датчика температуры, используемого для расчёта температурной поправки к значениям давления
Барометр рабочий сетевой БРС-1М: – БРС-1М-1, гПа – БРС-1М-2, гПа – БРС-1М-3, гПа	(600 – 1100) (600 – 1100) (5 – 1100)	$\pm 0,33$ $\pm 0,20$ $\pm 0,20$	Электронный барометр, являющийся усовершенствованным вариантом барометра БРС-1, выпускаемый в трёх исполнениях, отличающихся диапазоном и точностью измерений



а



б



в

Рисунок 1.7 – Внешний вид барометров СР-А/Б (а), М-67 (б) и БРС-1(БРС-1М) (в)

Кроме описанных выше средств измерений отечественного производства на сети Росгидромет также используются, в том числе в составе АМК, электронные датчики атмосферного давления РТВ 220, а также их усовершенствованные аналоги РТВ 330 (Vaisala). Эти датчики характеризуются высокой точностью и надежностью измерений атмосферного давления, а также устойчивостью к механическим и температурным воздействиям. В барометрах РТВ220 и РТВ330 используется кремниевый емкостный датчик абсолютного давления BAROCAP (Vaisala), имеющий температурную и долговременную стабильность. Жидкокристаллический дисплей датчиков может одновременно отображать мгновенное значение атмосферного давления, трехчасовой тренд давления и код барометрической тенденции ВМО. Информация также может передаваться на аналоговый выход, что позволяет использовать эти датчики в составе АМК [5, 6]. Внешний вид этих датчиков представлен на рисунке 1.8, а их характеристики в таблице 1.9.



Рисунок 1.8 – Внешний вид электронных датчиков атмосферного давления РТВ220 (а) и РТВ 330 (б)

Таблица 1.9. – Метрологические характеристики датчиков атмосферного давления РТВ 220 и РТВ 330

Класс точности, измеряемая величина	Диапазон измерения	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений
– класс «А», гПа	(500 – 1100)	$\pm 0,15$ при $t = (\text{минус } 40 - 60) \text{ } ^\circ\text{C}$
– класс «Б», гПа	(500 – 1100)	$\pm 0,25$ при $t = (\text{минус } 40 - 60) \text{ } ^\circ\text{C}$

1.2 Автоматическая метеорологическая станция

Измерительными системами наземного базирования являются различные метеорологические станции и посты. На станциях, которые не оборудованы современными автоматизированными измерительными системами, процесс измерений метеорологических величин проходит с дискретностью 3 ч, что является стандартным временем для проведения измерений. Однако это является значительным сроком для некоторых отраслей. Поэтому, появилась необходимость совершенствовать оборудование и принцип работы наземных метеорологических станций. Автоматические метеорологические станции (АМС), совмещающие в своем составе механизмы и приспособления как для проведения контактных, так и для проведения дистанционных измерений занимают особое место. Такие АМС предназначены для сбора, форматирования и передачи информации по различным каналам связи о метеорологических параметрах приземного слоя атмосферы в различные центры сбора данных.

Метеостанция METSENS 600 (Campbell Scientific, Inc., США) [7] имеет вид небольшого моноблока, лишённого подвижных деталей (рисунок 1.9а). Верхняя часть прибора представлена датчиком ветра, состоящим из четырёх ультразвуковых измерительных преобразователей. В нижней части корпуса метеостанции внутри радиационной защиты располагаются электронные датчики температуры воздуха, относительной влажности и атмосферного давления. Метеостанция крепится на вершине мачты.

Автоматическая метеостанция Vantage Pro2 Plus (Davis Instruments, США) [8] состоит из радиационной защиты, внутри которой располагаются электронные датчики температуры воздуха, относительной влажности и атмосферного давления (рисунок 1.9б). Отдельно от остальных частей метеостанции на специальном кронштейне располагаются датчики скорости и направления ветра, представленные чашечным анемометром и флюгером. Метеостанция содержит подвижные элементы. Метеорологические характеристики описанных выше автоматических метеорологических станций представлены в таблице 1.10.



а



б

Рисунок 1.9. – Внешний вид автоматических метеорологических станций METSENS 600 (а), VantagePro2 Plus (б)

Таблица 1.10 – Метрологические характеристики АМС METSENS 600 и Vantage Pro2 Plus

Измеряемая величина	Характеристика величины	Автоматические метеорологические станции	
		METSENS 600	Vantage Pro2 Plus
Скорость горизонтального ветра (V), м/с	Диапазон	(0,1 – 60,0)	(0 – 89)
	Разрешение	0,01	0,4
	Точность	$\pm 3\%$ при $V \leq 40$; $\pm 5\%$ при $V \leq 60$	$\pm 5\%$
Направление ветра (D), градусы	Диапазон	(0 – 360)	(0 – 360)
	Разрешение	1	1
	Точность	± 3 при $V \leq 40$	± 3
Атмосферное давление (p), гПа	Диапазон	(300 – 1100)	(540 – 1100)
	Разрешение	0,1	0,1
	Точность	$\pm 0,5$ при $t = 25$	± 1
Температура воздуха (t), °С	Диапазон	от минус 40 до +70	от минус 40 до +65
	Разрешение	0,1	0,1
	Точность	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$
Относительная влажность (r), %	Диапазон	(0 – 100)	(1 – 100)
	Разрешение	0,1	1
	Точность	± 2 при $r = (0 – 90)$ и $t = 20$	± 3

Таким образом, наиболее эффективно использовать автоматические метеорологические станции, которые совмещают в себе измерители сразу нескольких метеорологических параметров, а также имеют возможность проведения как контактного, так и дистанционного измерения. Кроме того, АМС собирают, форматируют и передают информации о метеорологических параметрах с помощью различных каналов связи.

2 Ультразвуковой термоанемометр

2.1 Конструкция. Основные технические характеристики

Существуют методы, которые позволяют определять температуру и скорость воздушного потока из параметров самой воздушной среды, такими методами являются – акустические. Так как компьютерная техника постоянно развивается с большой интенсивностью, то в связи с этим стали широко развиваться акустические анемометры и термометры, которые называют термоанемометрами, в случае реализации измерения обеих величин в одном приборе. При акустическом методе используются акустические волны с частотой (40 – 200) кГц, а именно ультразвуковые волны.

Одним из основных достоинств таких термоанемометров является отсутствие механических движущихся частей, что позволяет достаточно устойчиво работать в неблагоприятных погодных условиях. Это в значительной степени расширяет границы их эксплуатации. Способность измерять мгновенные значения скорости и направления ветра является особенностью ультразвуковых анемометров. Кроме того, такое средство измерения позволяет измерять не только горизонтальную составляющую скорости ветра, но и вертикальную, которая характеризует градиентные характеристики атмосферного приземного слоя (ПАС), толщина которого составляет несколько десятков метров. Вертикальная компонента скорости ветра определяет потоки тепла, влаги и импульса (количества движения) в этом слое. Для описания ПАС необходима информация о трехмерных потоках и турбулентности атмосферы.

В настоящее время на основе таких ультразвуковых термоанемометров, дополняя их различными датчиками, такими как датчик давления, влажности, а также платиновыми термометрами, процессорами и индикаторами, выпускаются ультразвуковые автоматические метеорологические станции (УАМС). Существуют различные модификации ультразвуковых термоанемометров: для измерения параметров

горизонтального ветра (2D-анемометры), для измерения параметров 3-х компонентного вектора скорости ветра (3D-анемометры). Информация об измеряемых метеорологических величинах отображается на выносных индикаторах, которые связаны с измерительными датчиками проводной или радиосвязью. Также в некоторых УАМС полученная информация может передаваться на компьютер для создания базы данных измеряемых величин. Датчики давления и влажности в основном размещаются в жалюзийных корпусах с радиационными экранами, которые могут быть объединены в один конструктивный блок с УЗТА или могут быть выполнены виде отдельных выносных блоков.

Ультразвуковые термоанемометры (УЗТА) и автоматические метеостанции (АМС) на их основе имеют широкое применение в метеорологии, экологии, военной технике, а также в научных исследованиях физических процессов в атмосферном приземном слое [9].

Согласно [10], акустический анемометр-термометр – это прибор, состоящий из решетки преобразователей, составленной из пар акустических излучателей и приемников, тактового генератора и микропроцессорной схемы для измерения интервалов времени от момента излучения до момента приема звукового импульса.

ИМКЭС СО РАН совместно с ООО «Сибаналитприбор» разрабатывают и серийно выпускают ультразвуковые термоанемометры. Одним из таких УЗТА является ДСВ-15, который по своей конструкции представляет собой сферу из двух ортогональных трубчатых колец диаметром 20 см. Кольца трубчатые для того, чтобы пропускать по ним сигнальные провода. На этих кольцах расположены 8 ультразвуковых датчиков. Датчики изготовлены из пьезокерамических преобразователей и размещены в вершинах квадратов, соединительная линия между которыми наклонена под углом в 45° к вертикальной оси прибора и, таким образом, получают 4 пары излучатель – приемник ультразвука. Сфера из двух колец располагается на цилиндрическом металлическом корпусе (диаметром 4 см;

длиной 10 см), внутри которого находятся две электронные платы (рисунок 2.1).

Термоанемометр ДСВ-15 обладает механической прочностью, то есть допускает как вибрационные воздействия с пиковым ускорением до 20 g при длительности до 10 мс, так и падения с высоты 0,75 м на бетонный пол [9].

Термоанемометры работают как импульсное устройство с несущей частотой ультразвуковых волн, близкой к 100 кГц. Частота выдачи информационных пакетов может быть 10, 20, 40 или 80 Гц; время измерений одного пакета данных (инерционность измерений) – 2 мс. Технические характеристики датчика ДСВ-15 приведены в таблице 2.1.



Рисунок 2.1 – Внешний вид датчика ДСВ-15

Таблица 2.1 – Технические характеристики датчика ДСВ-15

Измеряемая величина (обозначение)	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности измерения
Частота посылок УЗ-импульсов (F)	(40 – 80) Гц	-
Интервал времени для усреднения значений ($t_{\text{уср}}$)	до 600 с	-
Скорость горизонтального ветра (V)	от 0,1 до 30,0 м/с	$\pm (0,2 + 0,05 V)$ м/с, где V -числовое значение измеренной скорости горизонтального ветра в м/с
Направление горизонтального ветра (D)	от 0° до 360°	$\pm 4^\circ$
Скорость вертикального ветра (w)	от минус 15 до + 15 м/с	$\pm (0,2 + 0,02W)$ м/с, при $W > 0,1$, где W – числовое значение измеренной скорости вертикального ветра в м/с

Продолжение таблицы 2.1

Измеряемая величина (обозначение)	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности измерения
Температура воздуха (T)	от минус 50 до + 55 °С	$\pm 0,3$ °С при $T \leq + 30$ °С; $\pm 0,5$ °С при $T > + 30$ °С
Относительная влажность воздуха (r)	(5 – 100) %	$\pm 2,5$ % при $T > 0$ °С; $\pm 5,0$ % при $T \leq +0$ °С
Атмосферное давление (P)	(523 – 800) мм рт.ст.	$\pm 0,75$ мм рт.ст.
Условия эксплуатации: – температура (T) – относительная влажность (r)	от минус 50 до + 55 °С (0 – 100) %	-
Габариты	$\varnothing 230 \times 380$ мм	-
Масса	1,4 кг	-
Электропитание	12 В 4 Вт, DC (постоянный ток)	-

2.2 Принцип действия ультразвукового термоанемометра

Как было отмечено ранее, ДСВ-15 имеет 4 пути распространения ультразвуковых волн и построен по бистатической схеме, то есть на каждом пути существует одно направление распространения ультразвуковой волны (рисунок 2.2).

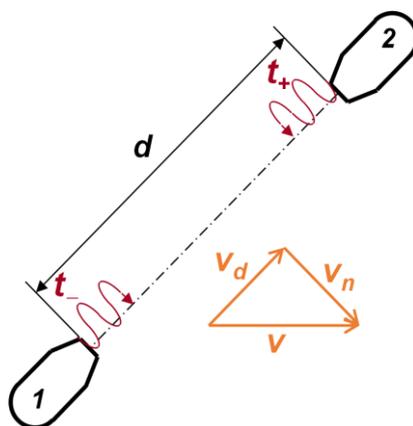


Рисунок 2.2 – Путь распространения ультразвуковой волны

В УЗТА скорость звука измеряется временем прохождения ультразвуковых импульсов между фиксированным расстоянием от

излучателя до приемника, а затем измеренные данные пересчитываются в две или три компоненты скорости движения воздуха.

Время распространения определяется по формуле (2.1):

$$t_{\pm} = \frac{d}{\sqrt{c^2 - v_n^2 \pm v_d}}, \quad (2.1)$$

где d – длина пути распространения звука (100 – 200) мм;
 c – скорость распространения звуковой волны в воздухе;
 v_d – компонента скорости ветра вдоль пути d ;
 v_n – компонента скорости ветра поперек пути d .

Измерив интервалы времен t_+ , t_- , можно вычислить компоненту скорости ветра v_d по формуле (2.2):

$$v_d = \frac{d}{2} \left[\frac{1}{t_+} - \frac{1}{t_-} \right], \quad (2.2)$$

где t_+ – время распространения звукового фронта вдоль ветра (от преобразователя 1 к преобразователю 2);

t_- – время распространения звукового фронта навстречу ветру (от преобразователя 2 к преобразователю 1).

Измерив дополнительно компоненту скорости ветра v_n , можно вычислить скорость звука в воздухе c по формуле (2.3):

$$c = \sqrt{\left[\frac{d}{2} \left(\frac{1}{t_+} + \frac{1}{t_-} \right) \right]^2 + v_n^2}. \quad (2.3)$$

Кроме того, скорость звука c зависит от температуры воздуха T , парциального давления водяного пара e , атмосферного давления p , определяется по формуле (2.4):

$$c = 20,067 \sqrt{(1 + 0,32e/p) \cdot T}, \quad (2.4)$$

где e – давление (упругость) водяного пара в атмосфере,

p – атмосферное давление,

T – абсолютная температура воздуха, К.

Влияние величины e в последней формуле может быть учтено из значения относительной влажности воздуха r , используя известную аналитическую связь между ними [11].

Рассчитав скорость звука в воздухе c , можно определить звуковую «виртуальную» температуру T_s , К, по формуле (2.5):

$$T_s = T(1 + 0,32e / p) = c^2 / 403. \quad (2.5)$$

Метод ультразвуковой термоанемометрии имеет ряд достоинств:

- высокая чувствительность измерений (до 0,01 м/с по скорости ветра и до 0,01 градуса по температуре);
- отсутствие влияния радиационных помех от прямых солнечных лучей;
- высокий уровень надежности измерительной системы при эксплуатации, так как отсутствуют вращающиеся элементы;
- малый вес и габариты;
- низкий уровень энергопотребления;
- полная автоматизация процесса измерения и обработки метеоданных;
- представление результатов измерения метеопараметров в удобном для интерпретации виде.

3 Проведение градуировки ультразвукового термоанемометра с помощью стандартной методики

3.1 Используемые средства измерений при проведении градуировки ультразвукового термоанемометра

При проведении градуировки ультразвукового термоанемометра используются следующие испытательное и измерительное оборудование и программное обеспечение [12]:

- Климатическая камера FEUTRON тип 3626/51 (диапазон устанавливаемых значений относительной влажности от 10 % до 100 %, температуры от минус 70 °С до плюс 100 °С);
- Гермоконтейнер АМЯ2.760.000;
- Термометр сопротивления платиновый эталонный ПТСВ-2-3 (диапазон от минус 200 до + 200 °С, погрешность $\pm 0,03$ °С);
- Прецизионный измеритель/регулятор температуры МИТ 8.10, (диапазон от минус 200 до + 500 °С, погрешность $\pm (0,0035+10^{-5}[T])$ °С);
- Барометр образцовый БОП-1М-1 (диапазон от 30 до 100 кПа, погрешность $\pm 0,01$ кПа);
- Термогигрометр ИВА-6Б с датчиком ДВ2ТСМ-3Т-2П-Б, (диапазон от 0 до 98 %, погрешность ± 1 %);
- IBM – совместимая ПЭВМ, тактовая частота процессора не менее 160 МГц, ОЗУ не менее 32 Мбайт, наличие порта СОМ (стыка RS-232);
- Программа «МЕТЕО 3.0»;
- Программа «Microcal Origin 6.0» фирмы «Microcal Software Inc.».

3.2 Градуировка ультразвукового термоанемометра

3.2.1 Порядок выполняемых работ

- Определение параметров основной градуировочной характеристики $P_{изм} = f(X5)$ датчика давления блока УГИ в диапазоне давлений (P_9 от 560 до 800 мм рт. ст.) (п.3.2.2);
- Определение параметров градуировочной характеристики $r_{изм} = f(X6)$

датчика влажности блока УГИ в диапазоне значений относительной влажности (r , от 10 до 100 %) (п.3.2.3);

– Градуировка термоанемометра блока УГИ (определение при фиксированном значении температуры T_0 в нормальных условиях, расстояний S_i , где $i = 1, 2, 3, 4$, между ультразвуковыми датчиками в четырех каналах блока УГИ и определение при температуре $T_0 =$ минус 50 °С значения коэффициента температурного расширения его конструкции α) (п.3.2.4);

– Определение параметров, используемых при вычислении поправки к показаниям датчика давления блока УГИ в зависимости от температуры (в диапазоне значений T_0 от + 55 до минус 50 °С) (п.3.2.5);

– Запись полученных при выполнении пунктов 3.2.2 – 3.2.5 значений градуировочных параметров изделия в энергонезависимую память блока ВиИ и в Приложение А (обязательное) «Блок УГИ Градуировочные параметры» (п.3.2.6) [12].

3.2.2 Определение параметров основной градуировочной характеристики датчика давления блока УГИ в диапазоне давлений

3.2.3 Определение параметров градуировочной характеристики датчика влажности блока УГИ

3.2.4 Градуировка термоанемометра блока УГИ

3.2.5 Определение параметров, используемых при вычислении поправки к показаниям датчика давления на влияние температуры

3.2.6 Запись градуировочных параметров в УГИ

3.2.7 Контроль результатов градуировки УГИ

4 Разработка портативного комплекса

4.1 Портативный комплекс. Назначение. Функциональная схема

4.2 Принцип работы портативного комплекса

4.3 Тестовые испытания портативного комплекса

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В рамках магистерской диссертации разрабатывается портативный комплекс для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвуковых термоанемометров (УЗТА), предлагаются пути упрощения процедуры калибровки при использовании УЗТА на дальних расстояниях от сертификационных центров. Основными затратами, в ходе разработки ВКР, являются затраты на покупку электронных компонент и прочих материалов.

В результате разработки портативного комплекса экономическая эффективность заключается в том, что имеется возможность выполнять контроль работоспособности и калибровать ультразвуковой термоанемометр без использования специального измерительного оборудования, такого как: климатическая камера и аэродинамическая труба. Кроме того, имея портативный комплекс, исключается необходимость отправки ультразвукового термоанемометра в соответствующий сертификационный центр для повторных или внеочередных калибровок, тем самым, экономятся финансовые и временные ресурсы.

В данном разделе комплексно описаны и проанализированы финансово-экономические аспекты выполненной работы. Произведена оценка денежных затрат на исследование и разработку портативного комплекса.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Чтобы определить потенциальных потребителей данной разработки, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование рынка по разработке портативного комплекса для контроля и калибровки (ПККУТ) УЗТА производят по критериям: размер компании, метод проведения процедуры контроля и калибровки (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка по разработке портативного комплекса

Критерий		Метод проведения процедуры контроля и калибровки	
		Типовое испытательное оборудование	ПКККУТ
Раз- мер ком- пани	Мелкая		
	Средняя		
	Крупная		

Из анализа карты можно сделать вывод, что процедура контроля и калибровки с помощью типового испытательного оборудования может использоваться всеми компаниями, и поэтому существует высокая конкуренция. Калибровка с помощью ПКККУТ практикуется за рубежом, поэтому только крупные компании имеют такую возможность из-за немалой стоимости. Следовательно, в данном случае, среди мелких и средних компаний конкуренция отсутствует.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в разрабатываемый объект. Чтобы выявить ресурсоэффективность разработки и определить направления для ее будущего повышения, необходимо провести анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.2. В таблице представлены следующие показатели конкурентоспособности: разрабатываемый портативный комплекс для контроля и калибровки УЗТА (Ф), портативный ветровой калибратор фирмы ТАСМЕТ для УЗТА ТАСМЕТ II Weather Sensor (к1), метод проведения калибровки с помощью типового испытательного оборудования (к2). Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 –

слабая позиция, а 5 – сильная. Веса показателей в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности труда	0,25	5	5	2	0,75	0,75	0,50
2.Удобство в эксплуатации	0,12	5	5	2	0,60	0,60	0,24
3. Энергоэкономичность	0,10	4	4	3	0,40	0,40	0,30
4. Надежность	0,12	3	3	5	0,36	0,36	0,60
5.Простота эксплуатации	0,14	5	5	2	0,70	0,70	0,28
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	2	0,35	0,28	0,14
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	2	5	0,21	0,14	0,35
3. Цена	0,08	5	4	3	0,40	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	3	3	5	0,15	0,15	0,25
Итого	1	38	35	29	3,92	3,70	2,90

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле

(5.1):

$$K = \sum B_i \cdot V_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности предприятия определяется по формуле (5.2):

$$k_K = \frac{K_{\phi}}{K_{\text{ксп}}} = \frac{3,92}{(3,70 + 2,90) / 2} = 1,19, \quad (5.2)$$

где k_K – коэффициент конкурентоспособности предприятия;

K_{Φ} – итоговый коэффициент конкурентоспособности предприятия разрабатываемого изделия;

$K_{\text{ксп}}$ – итоговый средний коэффициент конкурентоспособности предприятий конкурентов.

Так как $k_k > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

5.2 Инициация проекта

5.2.1 Цели и результат проекта

Инициация нового проекта начинается с целей, ожидаемых результатов и критерий, необходимых для достижения этих результатов в рамках области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. В таблице 5.3 представлена информация о цели проекта и ее достижениях.

Таблица 5.3 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка портативного комплекса для контроля и калибровки УЗТА с целью возможности использования на дальних расстояниях от сертификационных центров.
Ожидаемые результаты проекта:	<ul style="list-style-type: none"> – Калибровка осуществляется без применения специального испытательного оборудования; – Комплекс имеет меньшие габариты по сравнению со специальным оборудованием; – Сокращение времени проведения контроля и испытаний; – Отсутствует привязка к сертификационным центрам, тем самым сохраняется временной ресурс; – Уменьшаются расходы на процедуру калибровки и транспортировку объекта.
Критерии приемки результата проекта:	Создан новый портативный комплекс, который соответствует заявленным техническим и метрологическим характеристикам, а также отвечает требованиям безопасности, надежности и эргономичности.
Требования к результату проекта:	<ul style="list-style-type: none"> – Каждый этап проекта должен осуществляться в назначенный срок; – На каждом этапе должны проводиться соответствующие проверка качества выполненной работы и необходимые испытания; – Персонал, осуществляемый выполнение проекта должен иметь соответствующее образование и компетенцию; – Затраты на проект должны совпадать с запланированными расходами.

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1 Структура работ в рамках проекта

Для выполнения научно-технического проекта была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР), студент (С), выполняющий написание магистерской диссертации, научный руководитель от предприятия (НРП), инженер-электронщик (ИЭ), инженер-испытатель (ИИ), инженер-конструктор (ИК), инженер-проектировщик (ИП).

В данном подразделе был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках разработки проекта, а также приведены исполнители по каждому виду работ. Перечень представлен в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Перечень работ, этапов и распределение исполнителей

Основные этапы	Номер работы	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР, НРП
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материала по теме	С
	3	Выбор направления исследования	С
	4	Календарное планирование работ по теме	НР, НРП, С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение теоретического материала по выбранному направлению	С
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	НРП, ИП, С
	7	Построение макетов (моделей)	НРП, ИП, ИК, ИЭ, С
	8	Проведение испытаний	С, ИИ
	9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	С
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	НР, С

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости выполнения работ для каждого исполнителя является важным моментом, т.к. трудовые затраты чаще всего являются основной частью стоимости проведенного исследования.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожі}$ рассчитано по формуле (5.3):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.3)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемое значение трудоемкости выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

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

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

Исходя из полученных значений $t_{ожі}$, рассчитывается продолжительность каждого вида работы в рабочих днях T_p по формуле (5.4):

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.4)$$

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

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

Таблица 5.5 – Временные показатели проведения НТП

Номер работы	Исполнитель	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi} , раб.дн.	Длительность работ в календарных днях T_{ki} , кал. дн.
		t_{\min} , чел.-дн.	t_{\max} , чел.-дн.	$t_{ожі}$, чел.-дн.		
1	НР	1	2	1,4	0,7	1
	НРП	1	2	1,4	0,7	1
	С	8	12	9,6	9,6	14
3	С	4	6	4,8	4,8	7
	НР	1	2	1,4	0,5	1
	НРП	1	2	1,4	0,5	1
5	С	2	4	2,8	0,9	1
	С	5	7	5,8	5,8	9
	НРП	8	10	8,8	2,9	4
6	ИП	6	8	6,8	2,3	3
	С	10	14	11,6	3,9	6

Продолжение таблицы 5.5

Номер работы	Исполнитель	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi} , раб.дн.	Длительность работ в календарных днях T_{ki} , кал. дн.
		t_{min} , чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.	$t_{ожi}$, чел.-дн.		
7	НРП	4	6	4,8	1,0	1
	ИП	4	8	5,6	1,1	2
	ИК	8	14	10,4	2,1	3
	ИЭ	8	14	10,4	2,1	3
	С	15	20	17	3,4	5
8	ИИ	4	6	4,8	2,4	4
	С	4	6	4,8	2,4	4
9	С	1	2	1,4	1,4	2
10	НР	3	5	3,8	1,9	3
	С	3	5	3,8	1,9	3

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

В качестве графика проведения научного исследования использовалась диаграмма Ганта, т.к. она является наиболее наглядным и удобным способом построения ленточного графика.

Для удобства разработки графика необходимо перевести длительность каждого этапа работ из рабочих дней в календарные. Продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях T_{ki} рассчитывается по формуле (5.5.):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (5.5)$$

где T_{pi} – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

T_{ki} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

k – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности, в свою очередь, рассчитывается по формуле (5.6):

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (5.6)$$

где $T_{кг}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ – количество праздничных дней в году.

В соответствии с производственным календарем на 2019 год календарных дней – 365, выходных и праздничных дней при шестидневной рабочей неделе – 118. Таким образом, получили значение $k = 1,48$.

Все рассчитанные значения представлены в таблице 5.5. На основании этой таблицы был построен календарный план-график, который представлен на рисунке 5.1.

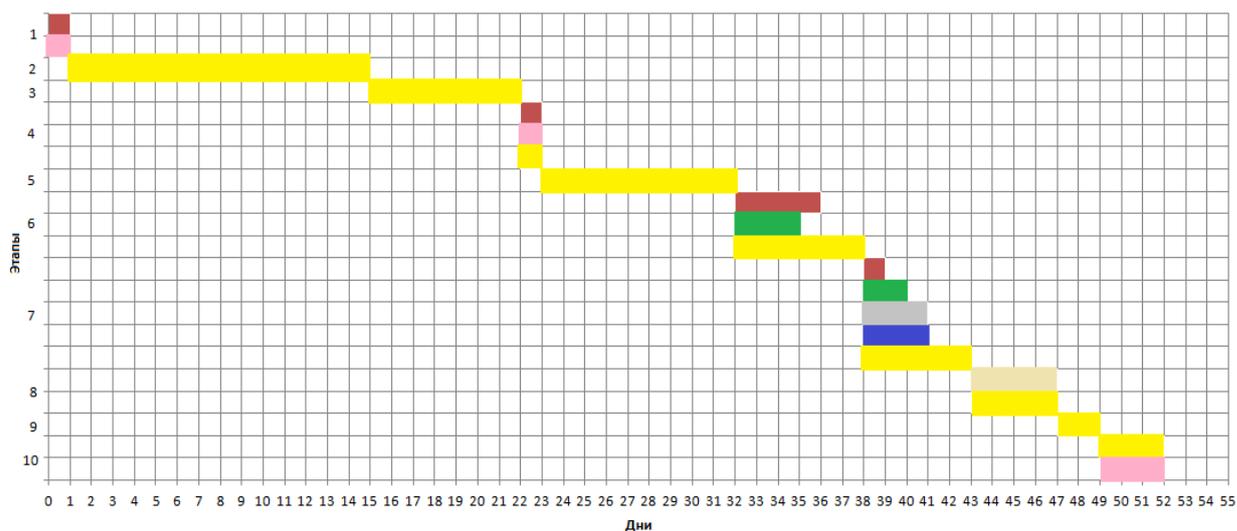


Рисунок 5.1 – Календарный план-график

5.4 Определение бюджета научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования (НТИ) необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Для определения бюджета НТИ в рамках выполнения магистерской диссертации с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работ были рассчитаны материальные затраты, основная заработная плата исполнителей темы, дополнительная заработная плата исполнителей темы, накладные расходы.

5.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В рамках расчета материальных затрат НТИ должны быть учтены:

- приобретаемые сырье и материалы, необходимые для создания портативного комплекса;
- затраты на дополнительные комплектующие;
- сырье, материалы, различные комплектующие изделия, применяемые в качестве объектов исследования;
- затраты на канцелярские принадлежности.

Материальные затраты Z_M на i -й материальный ресурс рассчитывается по формуле (5.7):

$$Z_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (5.7)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

m – количество видов материальных ресурсов, используемых для выполнения научного исследования;

C_i – цена на приобретение i -го вида приобретаемого материального ресурса;

$N_{расxi}$ – количество материального ресурса i -го вида, которое планируется для использования при выполнении научного исследования.

Для реализации данного научного проекта необходимы электронные компоненты. Результаты расчетов материальных затрат представлены в таблице 5.6. В ходе научно-технического исследования у приобретенных видов продукции не было остатков, следовательно, не нужно исключать стоимость возвратных отходов.

Таблица 5.6 – Материальные затраты

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
Резистор	43	3,0	129,0
Конденсатор	28	5,0	140,0
Конденсатор электролитический	2	3,9	7,8
Операционный усилитель МСР602	8	47,1	376,8

Продолжение таблицы 5.6

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
Терморезистор	1	13,8	13,8
Операционные усилители с цифровым программированием коэффициента усиления MCP6S28	1	163,5	163,5
Компаратор MAX998	1	51,0	51,0
Катушка индуктивности с магнитодиэлектрическим магнитопроводом	1	26,0	26,0
Ультразвуковое пьезоэлектрическое керамическое кольцо	1	157,7	157,7
Маломощный высокопроизводительный микроконтроллер с нановаттной технологией PIC18F26K22	1	265,1	265,1
Триггер Texas Instruments SN74LVC1G175	1	46,2	46,2
Интерфейс FT232RL-REEL	1	236,2	236,2
МОП-транзистор MCP1402	1	42,1	42,1
Полевой транзистор	5	3,3	16,5
Контейнер корпус К-810-FC	1	1624,0	1624,0
Диод BAS21	1	3,0	3,0
Ферритовый фильтр Murata BLM18PG600	1	13,5	13,5
Прочие	1	400,0	400,0
Упаковка бумаги формата А4	1	260,0	260,0
Заправка картриджа	1	300,0	300,0
Итого:			4272,2

5.4.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

Заработная плата участников выполнения НТИ учитывает основную заработную плату и дополнительную и рассчитывается по формуле (5.8):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.8)$$

где $Z_{осн}$ – величина основной заработной платы;

$Z_{доп}$ – величины дополнительной заработной платы (15 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата одного исполнителя от предприятия рассчитывается по формуле (5.9):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.9)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых исполнителем, раб. дн.

Среднедневная заработная плата $Z_{дн}$ рассчитывается по формуле (5.10):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.10)$$

где Z_m – месячный должностной оклад, руб.;

M – количество месяцев работы исполнителя без отпуска в течение года (при шестидневной рабочей неделе и отпуске в 48 рабочих дней значение M составляет 10,4 месяца);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Для расчета действительного годового фонда рабочего времени была заполнена таблица 5.7.

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	С	НРП	ИЭ	ИИ	ИП	ИК
Календарное число дней	365	365	365	365	365	365	365
Количество нерабочих дней (выходные и праздничные дни)	70	70	70	70	70	70	70
Потери рабочего времени:							
– отпуск	48	48	48	48	48	48	48
– невыходы по болезни	–	–	–	–	–	–	–
– командировка	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 5.7

Действительный годовой фонд рабочего времени	247	247	247	247	247	247	247
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (5.11):

$$Z_M = Z_B \cdot (k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.11)$$

где Z_B – базовый оклад, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_B , руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
НР	22052,00	0,3	0,5	1,3	22934,1	965,6	5	4828,0
С	9377,78	0,3	0,5	1,3	9752,9	410,6	51	20940,6
НРП	35000,00	0,5	0,4	1,3	40950,0	1724,2	7	12069,4
ИП	25000,00	0,5	0,4	1,3	29250,0	1231,6	5	6158,0
ИК	25000,00	0,5	0,4	1,3	29250,0	1231,6	3	3694,8
ИИ	25000,00	0,5	0,4	1,3	29250,0	1231,6	4	4926,4
ИЭ	25000,00	0,5	0,4	1,3	29250,0	1231,6	3	3694,8
Итого:								56312,0

5.4.3 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей

ТЕМЫ

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом Российской Федерации доплат за отклонения от нормальных условий труда, а также выплаты, связанные с обеспечением компенсаций и гарантий.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле (5.12):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (5.12)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый за 0,15.

В результате получили значения, которые представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$, руб.
НР	4828,0	0,15	724,2
С	20940,6	0,15	3141,1
НРП	12069,4	0,15	1810,4
ИП	6158,0	0,15	923,7
ИК	3694,8	0,15	554,2
ИИ	4926,4	0,15	739,0
ИЭ	3694,8	0,15	554,2
Итого:			8446,8

5.4.4 Расчет накладных расходов

В данной статье отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10 % от суммы всех предыдущих расходов. Размер накладных расходов рассчитывается по формуле (5.13):

$$C_{\text{накл}} = (C_{\text{зп}} + C_{\text{м}}) \cdot k_{\text{накл}}, \quad (5.13)$$

где $C_{\text{м}}$ – материальные затраты;

$C_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату исполнителям, которая складывается из основной и дополнительной;

$k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Применительно к данной разработке размер накладных расходов составляет $C_{\text{накл}} = 6903,1$ руб.

5.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Полученная в результате величина затрат является базой для формирования бюджета затрат на проект.

Определение бюджета затрат на НТИ представлено в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Номер пункта
Материальные затраты НТИ	4272,2	5.4.1
Затраты по заработной плате исполнителей темы	64758,8	5.4.2, 5.4.3
Накладные расходы	6903,1	5.4.4
Бюджет затрат НТИ	75934,1	5.4.1 – 5.4.4

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (5.14):

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (5.14)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

В случае если при разработке портативного комплекса будем использовать более дорогие материалы, а именно электронные компоненты, также изменим электрическую схему, заменим основной корпус, то

интегральные показатели для различных исполнений будут выглядеть следующим образом:

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{75934,1}{115780,5} = 0,66; \quad I_{финр}^{исп2} = \frac{115780,5}{115780,5} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (5.15):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.15)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп.2
1.Повышение производительности труда пользователя	0,40	5	5
2.Удобство в эксплуатации	0,30	5	3
3. Энергосбережение	0,18	4	3
4. Надежность	0,12	4	2
Итого	1	4,5	3,25

$$I_{p1} = 0,40 \cdot 5 + 0,30 \cdot 5 + 0,18 \cdot 4 + 0,12 \cdot 4 = 4,7; \quad I_{p2} = 0,40 \cdot 5 + 0,30 \cdot 3 + 0,18 \cdot 3 + 0,12 \cdot 2 = 3,68.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (5.16):

$$I_{испi} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}. \quad (5.16)$$

Получаем, $I_{исп1} = 7,1$; $I_{исп2} = 3,68$.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) определяется по формуле (5.17):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}. \quad (5.17)$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что наиболее эффективный вариант решения технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности это первый вариант исполнения разработки. Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,66	1,00
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,70	3,68
Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки	7,1	3,68
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,93	0,52

6 Социальная ответственность

Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий, в которых будет реализовываться разработка портативного комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра (УЗТА) в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности, охраны труда и окружающей среды. Портативный комплекс разрабатывается с целью упрощения процедуры калибровки, благодаря чему, имеется возможность осуществлять калибровку УЗТА без использования специального измерительного оборудования, а также исключается необходимость отправки УЗТА в сертификационный центр для повторных или внеочередных калибровок.

В дальнейшем, разработку, полученную в ходе написания ВКР, могут использовать сотрудники, работающие в области метеорологии, экологии, военной обороне, научных исследований. Рабочим местом является помещение, оснащенное данным оборудованием, рабочей зоной является стол с необходимыми приборами и персональным компьютером.

Работа с компьютером вызывает значительное умственное напряжение, оказывает негативное влияние на зрение пользователя. Для оптимального поддержания работоспособности пользователю необходимо рациональное расположение требуемых элементов на рабочем месте, а также соблюдение техники безопасности. В данном разделе указаны такие вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как электромагнитное излучение, неоптимальный микроклимат помещения, недостаточность освещения. Также указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного или чрезмерного воздействия. Помимо этого, указаны ЧС, которые могут произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае их возникновения.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения;
- обеденный перерыв не менее 40 минут [13].

Согласно статье 86 из [13] в целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина работодатель и его представители при обработке персональных данных работника обязаны соблюдать следующие общие требования:

- обработка персональных данных работника может осуществляться исключительно в целях обеспечения соблюдения законов и иных нормативных правовых актов;
- все персональные данные работника следует получать у него самого. Если персональные данные работника возможно получить только у третьей стороны, то работник должен быть уведомлен об этом заранее и от него должно быть получено письменное согласие;
- защита персональных данных работника от неправомерного их использования или утраты должна быть обеспечена работодателем за счет его средств в порядке, установленном Кодексом и иными федеральными законами;
- работники и их представители должны быть ознакомлены под роспись с документами работодателя, устанавливающими порядок обработки

персональных данных работников, а также об их правах и обязанностях в этой области;

– работодатели, работники и их представители должны совместно вырабатывать меры защиты персональных данных работников.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к организации рабочих мест пользователей:

– рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно [14];

– конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120см;

– на рисунке 6.1 схематично представлены требования к рабочему месту. Согласно [15] высота рабочей поверхности в среднем устанавливается на уровне нерегулируемой высоты в 0,725 м. Пространство для ног должно быть не менее 0,6 м, шириной – не менее 0,5 м, глубиной на уровне колен – не менее 0,45 м. Высота сиденья устанавливается на уровне 0,42 м. Монитор компьютера следует размещать на расстоянии от 0,4 до 0,75 м и на 20 градусов ниже глаз пользователя.

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты.



Рисунок 6.1 – Схема рабочего места при работе с ПЭВМ

6.2 Профессиональная социальная безопасность

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии

При разработке портативного комплекса различные факторы могут негативно воздействовать на организм человека. Их перечень представлен в таблице 6.1 [16].

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при разработке портативного комплекса для контроля и калибровки метеорологических параметров УЗТА

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1. Превышение уровня электромагнитных излучений	+	+	+	Параметры электромагнитного излучения устанавливаются СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [17]. Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [18].
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
3. Отклонение показателей микроклимата		+	+	
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

Продолжение таблицы 6.1

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разр абот	Изг отов	Экс плу	
5. Воздействие ультразвука			+	<p>Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [19].</p> <p>Требования по электробезопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [20].</p>

6.2.1.1 Влияние электромагнитных излучений

В качестве источника электромагнитного излучения в данной работе рассматриваются компоненты портативного комплекса, а также персональный компьютер. Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека. Степень и характер воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависят от: интенсивности излучения; частоты колебаний; поверхности тела облучаемого; индивидуальных особенностей организма; режима облучения (непрерывный или прерывистый); продолжительности воздействия; комбинированного действия других факторов производственной среды.

Влияние ионизирующего излучения на организм человека может приводить к торможению функций кроветворных органов, снижению сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям, нарушению нормальной свертываемости крови и другим неблагоприятным последствиям. Временно допустимые уровни (ВДУ) ЭМП при работе с компьютером приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Временно допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для обеспечения нормальной деятельности пользователя с учетом норм предельно допустимой напряженности ЭМП экран монитора должен находиться на расстоянии от 0,6 до 0,7 м, но не ближе, чем 0,4 м от глаз. Также должна быть учтена схема размещения рабочих мест с компьютерами: расстояние между рабочими местами – 2 м, между боковыми поверхностями мониторов – не менее 1,2 м.

6.2.1.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Производственное освещение является неотъемлемым элементом условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения. Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы. Работая при освещении плохого качества, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности и к головным болям. Работа с приборами относится к зрительным работам средней точности для помещений жилых и общественных зданий. Согласно [18], такие помещения должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 6.3.

6.2.1.3 Влияние микроклимата

Нормативные требования к отдельным показателям микроклимата, их сочетаниям, разработанные на основе изучения теплообмена и теплового состояния человека в микроклиматических камерах и в производственных условиях, а также на основе клинических и эпидемиологических исследований, изложены в [19].

Основные виды работ, выполняемые инженером-метрологом, по степени физической тяжести, относятся к категории легких работ. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно [19], предоставлены в таблице 6.4, а допустимые величины показателей приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.3 – Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий при зрительной работе средней точности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
					Освещённость на рабочей поверхности и от системы общего освещения, лк	Коэффициент пульсации освещённости КП, %, не более	КЕО еН, %, при	
							Верхнем или комбинированном	Боковом
Средней точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	20	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	20	2,0	0,5

В помещении необходимо предусмотреть систему отопления, функционирующую в зимнее время, которая будет обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. Нормы подачи свежего воздуха приведены в таблице 6.6 [21].

Таблица 6.4 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория Ia (до 139)	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	Категория Ia (до 139)	20-22	22-26	40-60	0,1

Таблица 6.5 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			
Холодный	Категория Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19-26	15-75	0,1
Теплый	Категория Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20-29	15-75	0,1

Таблица 6.6 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека (20-40) м ³ на человека Более 40 м ³ на человека	Не менее 30 Не менее 20 Естественная вентиляция

6.2.1.4 Электрический ток

Электронасыщенность современного производства формирует электрическую опасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструменты, вычислительная, испытательная и организационная техника, работающая на электричестве. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде

электротравм и профессиональных заболеваний. Электрические установки, к которым относятся и персональные компьютеры, представляют для человека потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться комплектующих, находящихся под напряжением. В рабочем помещении установлены приборы, потребляющие напряжение 220 В переменного тока с частотой 50 Гц, что является потенциально опасным. Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляция рабочего места;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности;
- заземление корпусов устройств [20].

Перед началом работы необходимо убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей, а также убедиться в отсутствии видимых повреждений аппаратуры. К организационно-техническим мероприятиям защиты можно отнести инструктаж по технике безопасности.

6.2.1.5 Воздействие ультразвука

По способу действия на человека воздушный – ультразвук, который действует на человека через воздушную среду. Источники ультразвука – это все виды ультразвукового технологического оборудования, ультразвуковые приборы и аппаратура промышленного, медицинского, бытового назначения, генерирующие ультразвуковые колебания в диапазоне частот от 11,2 кГц до 100 МГц и выше. К источникам ультразвука относится также

оборудование, при эксплуатации которого ультразвуковые колебания возникают как сопутствующий фактор. Предельно допустимый уровень (ПДУ) ультразвука – это уровень, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Предельно допустимые уровни звукового давления воздушного УЗ на рабочих местах приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – ПДУ звукового давления воздушного УЗ на рабочих местах

Третьоктавные полосы частот, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5-100,0	110

Запрещается непосредственный контакт человека с рабочей поверхностью источника ультразвука и с контактной средой во время возбуждения в ней ультразвуковых колебаний. В целях исключения контакта с источниками ультразвука необходимо применять: дистанционное управление источниками ультразвука; автоблокировку, то есть автоматическое отключение источников ультразвука при выполнении вспомогательных операций.

Для защиты рук от неблагоприятного воздействия контактного ультразвука в твердых, жидких, газообразных средах, а также от контактных смазок необходимо применять нарукавники, рукавицы или перчатки (наружные резиновые и внутренние хлопчатобумажные) [17].

6.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Так как при разработке портативного комплекса наибольшую опасность могут представлять поражение электрическим током и

возникновение пожара, то рассмотрим более подробно пожарную безопасность и электробезопасность.

6.2.2.1 Электробезопасность

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

- непосредственное прикосновение к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением;
- соприкосновение с конструктивными частями, оказавшимися под напряжением.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

- недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения;
- защитное заземление, зануление или отключение;
- вывешивание предупреждающих надписей;
- контроль за состоянием изоляции электрических установок;
- использование дополнительных средств защиты.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в [20].

6.2.2.2 Пожарная безопасность

Основными причинами пожаров от электрического тока является короткое замыкание, перегрузки электрических установок, переходные сопротивления и искрения. Причинами короткого замыкания могут быть неправильный выбор сечения и марки кабелей приводов, износ и различные механические повреждения изоляций. Перегрузка электрических цепей вызывает нагрев электрических установок, снижение диэлектрических свойств изоляции и её воспламенение. Большие переходные сопротивления вызывают нарушения диэлектрических свойств изоляции и её возгорание.

Согласно [22], по пожарной безопасности данное помещение относится к категории Г (умеренная пожароопасность), здание по огнестойкости относится к III степени, где стены, колонны – несгораемые, несущие конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий – трудносгораемые, несущие конструкции покрытий – сгораемые. Пожарная безопасность должна обеспечиваться:

- системой предотвращения пожара;
- системой противопожарной защиты;
- организационно-техническими мероприятиями [23].

Систему предотвращения пожара составляет комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение возможности возникновения пожара. Для предупреждения возникновения пожаров необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- предотвращать образования горючей среды (применение негорючих материалов);
- не допускать образования источника зажигания (электрооборудование соответствующего исполнения);
- ограничивать массу горючих веществ в помещении.

Систему противопожарной защиты составляет комплекс организационных и технических средств, направленных на предотвращение

воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него.

К системе противопожарной защиты относятся такие мероприятия, как:

- применение строительных конструкций с нормируемым пределом огнестойкости;
- организация пожарной сигнализации;
- использование установок автоматического пожаротушения: спринклерных и дренчерных;
- организация правильной эвакуации людей - необходимо установить размеры и количество эвакуационных выходов и время эвакуации;
- установка системы противодымной защиты (специальные люки или вентиляция).

Рабочие и служащие, вновь принятые на работу, могут быть допущены на работу только после прохождения первичного противопожарного инструктажа. Первичный противопожарный инструктаж проводят по направлению отдела кадров предприятия, а лицо, производившее этот инструктаж, делает об этом отметку на направлении и записывает в журнал фамилию, инициалы и другие данные работника, проходившего инструктаж и принимаемого на работу. Первичный инструктаж проводят в индивидуальном или групповом порядке в течение одного часа. В рабочем помещении находится порошковый огнетушитель типа ОУ–2, установлен рубильник, обесточивающий все помещение, в коридоре имеется план эвакуации в случае пожара.

6.3 Экологическая безопасность

Любая деятельность человека может оказывать негативное влияние на окружающую среду. Охрана окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями, влияющими на атмосферу, гидросферу и литосферу.

Помещение с персональным компьютером относится к пятому классу, размер санитарно-защитной зоны которого равен 50 метров, так как работа на персональном компьютере не является экологически опасной [24].

Атмосфера всегда содержит определенное количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников. К числу примесей, выделяемых естественными источниками, относят: пыль, туман, дымы, газы от лесных и степных пожаров и др. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха может возникнуть в случае влияния человека, это могут быть шумы, аэрозольные и радиоактивные загрязнения. Разрабатываемый портативный комплекс не несет угрозы для атмосферы.

Основными источниками загрязнений гидросферы являются сточные воды. За их очистку несет ответственность специальная организация.

Основными видами загрязнения литосферы являются твердые бытовые и промышленные отходы. В ходе выполнения ВКР основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор, неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага. Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке. Утилизация средств измерений и электрических приборов осуществляется сотрудниками предприятия и предусматривает следующие действия:

- 1 Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленной в акте измерительной техники, о чем имеется акт технического осмотра;

- 2 Осуществление списания перечисленной в акте измерительной техники с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;

- 3 Непосредственно утилизация измерительной техники с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие

заводы. Количество деталей, содержащих драгоценные металлы, оформляется отдельным актом [25].

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее типичной ЧС для нашего объекта является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожарной безопасности и т.д. Для того чтобы избежать возникновения пожара необходимо проводить профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара. В случае возникновения пожара, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Помещение, в котором разрабатывается портативный комплекс, находится на предприятии ООО «Сибаналитприбор». Здание предприятия соответствует всем требованиям пожарной безопасности: имеется система охранно-пожарной сигнализации, порошковые огнетушители, планы эвакуации (рисунок 6.2) и таблички с направлениями к запасному выходу.



Рисунок 6.2 – План эвакуации при пожаре и других ЧС предприятия ООО «Сибаналитприбор»

Заключение

В ходе выполнения ВКР был разработан портативный комплекс для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра. Данный комплекс состоит из отсека камеры нулевого ветра, электронного блока имитации воздушной среды и ноутбука.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведение анализа средств измерений, используемых в настоящее время в метеорологии;
- изучение ультразвукового термоанемометра, его параметров, конструкции и принципа действия;
- проведение процедуры градуировки ультразвукового термоанемометра в лабораторных условиях при помощи стандартного испытательного оборудования;
- изучение ГОСТ Р ИСО 16622–2009, содержащего методы приемочных испытаний акустических термоанемометров;
- разработка макета портативного комплекса, описание его функциональной схемы и принципа действия;
- проведение тестового контроля и калибровки параметров скорости воздушного потока и температуры воздуха ультразвукового термоанемометра с помощью портативного комплекса;
- анализ полученных результатов тестовых испытаний.

Таким образом, благодаря разработанному портативному комплексу для контроля и калибровки метеорологических параметров ультразвукового термоанемометра, имеется возможность:

- контролировать работоспособность и калибровать ультразвуковой термоанемометр без использования испытательного оборудования, такого как: климатическая камера и аэродинамическая труба;
- осуществлять процедуру повторной или внеочередной калибровки, не отправляя ультразвуковой термоанемометр в соответствующий сертификационный центр, экономя финансовые и временные ресурсы.

Список использованных источников

1 РД 52.18.761–2012 Средства измерений гидрометеорологического назначения сетевые. Общие технические требования. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 31 с;

2 ВМО №8 Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ipk.meteorf.ru/images/stories/literatura/wmo/8.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 20.01.2019);

3 Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 29.01.2019);

4 Руководство по эксплуатации датчика Wind Monitor 05103L. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.youngusa.com/Manuals/05103L-90\(J\).pdf](http://www.youngusa.com/Manuals/05103L-90(J).pdf), свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 30.01.2019);

5 Восканян, К.Л. и др. Автоматические метеорологические станции: в 2 т. / К.Л. Восканян, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова. – Ч. 1. Тактико-технические характеристики: учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2016. – 170 с;

6 РТВ330 Цифровой барометр Vaisala BAROCAP. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.raimet.ru/equipment/pressure/РТВ330/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 31.01.2019).

7 MaxiMet компактные метеостанции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gillinstruments.com/products/anemometer/maximet-compact-weather-stations.html>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 02.02.2019).

8 Метеостанция Vantage Pro2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteoinstruments.com/meteostancija-vantage-pro2/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 02.02.2019);

9. Богушевич, А. Я. Источники погрешностей при ультразвуковых измерениях метеовеличин в атмосфере, методы и алгоритмы их минимизации на основе опыта создания промышленной метеостанции АМК–03 [Текст] / А. Я. Богушевич // Учёные записки физического факультета. – 2014. – №6. 146308. – С. 1-10;

10. ГОСТ Р ИСО 16622–2009. Метеорология. Акустические анемометры-термометры. Методы приемочных испытаний при измерении средней скорости ветра. – М.: Стандартинформ, 2010. – 24 с;

11. Тихомиров, А. А. Ультразвуковые анемометры и термометры для измерения пульсаций скорости и температуры воздушных потоков. Обзор [Текст] / А. А. Тихомиров // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – №7. – С. 585-600;

12. АМЯ2.702.090 И2. Изделие 1Б65. Инструкции по градуировке [Текст]. – 26 с;

13 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 02.04.2019);

14 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М: Изд-во стандартов, 1979. – 9 с;

15 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (с изменениями на 21 июня 2016 года). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 03.04.2019);

16 ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 04.04.2019);

17 Санитарные нормы и правила: СанПиН 2.2.4.3359 – 16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – М: постановление Правительства РФ от 21 июня 2016 года N 81, 2017. – 72 с;

18 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084092>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 06.04.2019);

19 Санитарные нормы и правила: СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М: Минздрав России, 2001. – 20 с;

20 ГОСТ 12.1.019 – 2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М: Стандартинформ, 2018. – 20 с;

21 Свод правил: СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Текст]. – М: Минрегион России, 2012. – 81 с;

22 Свод правил: СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1) [Текст]. – М: МЧС России, 2009. – 31 с;

23 ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1). – М: Стандартинформ, 2006. – 68 с;

24 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 – 03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (с изменениями на 25 апреля 2014 года) [Текст]. – М: Минздрав России, 2014. – 51 с;

25 Боровский, Е. Э. Промышленные и бытовые отходы [Текст]: Проблемы экологии / Е. Э. Боровский. – М. : Чистые пруды, 2007. – 32 с.: ил. – (Библиотечка газеты «Первое сентября», Серия «Химия»; вып. 5 (17).

Приложение А
(обязательное)

Блок УГИ
Градуировочные параметры

Блок УГИ АМЯЗ.839.013 зав. № 19011, дата выпуска 11.02.2017

Расстояние между датчиками:

S1 = 142,1515 мм S2 = 141,7484 мм S3 = 142,0803 мм S4 = 142,3533 мм

Температура при калибровке, °C 29,15

Коэффициент расширения $\times 10^5$, 1/°C 7

Атмосферного давления: атмосферное давление = 740,04 мм рт.ст.

P_P0 = 770,06 PT_ln = 0,07174

P_X0 = 11200 PT_kv $\times 10^{-3}$ = 0,168796 P_T0 = 29,82

P_ln = 0,03049 PT_kb $\times 10^{-5}$ = -2,45317

Относительной влажности воздуха: относительная влажность = 47,80 %

r_r0 = 47,80 r_ln = 0,01139 Tr_T0 = 29,82 Tr_ln = 0,00846

r_X0 = 7126 r_kv $\times 10^{-7}$ = 0,933427 Tr_X0 = 4191 Tr_kv $\times 10^{-7}$ = 0,586949

Углов наклона: угол наклона от горизонта, ° (вдоль оси X) = 0,5

угол наклона от горизонта, ° (вдоль оси Y) = 0,5

G_xo = 0,4891 G_xd = 0,3011 G_hor = 270

G_yo = 0,5031 G_yd = 0,3031

должность

личная подпись

расшифровка подписи

год, месяц, число

Приложение Б
(обязательное)

Раздел 4

Development of a portable complex for control and calibration of ultrasonic thermo-anemometer

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Бердникова Анжелика Сергеевна		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

1 An ultrasonic thermo-anemometer for testing

Acoustic methods allow determining the temperature and speed of the air flow directly from the parameters of the air environment itself. In connection with the intensive development of computer technology, acoustic anemometers and thermometers have begun to be widely developed, which are called thermo-anemometers if both V and T values are measured in one device. Acoustic waves with a frequency of (40 ... 200) kHz are used, i.e. ultrasonic waves.

One of the main advantages of such devices is that they do not have mechanical moving parts, they work fairly well in adverse weather conditions. This greatly simplifies their operations. An acoustic anemometer-thermometer is a device consisting of an array of transducers composed of pairs of acoustic radiators and receivers, a clock generator and a microprocessor circuit for measuring time intervals from the moment of radiation to the moment of receiving a sound pulse.

The Institute for Monitoring Ecological and Climatic Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, together with OOO «Sibanalitpribor», develop, improve and serially produce ultrasonic thermo-anemometers. One such ultrasonic thermo-anemometers is DSV-15, which is produced in different modification. Its design represents a sphere of two orthogonal tubular (for passing signal wires) stainless steel rings with a diameter of 20 cm, on which 8 identical ultrasonic sensors are set. Ultrasonic sensors are made of piezoceramic transducers and closed in a metal case (Figure 1). The sensors form four pairs of radiator – receiver ultrasound placed in the tops of squares, the connecting line between which is inclined at an angle of 45° to the vertical axis of the device. The sphere of the rings is mounted on a cylindrical metal case (4 cm in diameter; 10 cm long) inside which two electronic boards are placed.

Thermo-anemometers work as a pulse device with a carrier frequency of ultrasonic waves close to 100 kHz. The frequency of issuing information packages can be 10, 20, 40 or 80 Hz. Measurement time of one data packet is 2 ms. Technical characteristics of the DSV-15 sensor are given in Table 1.



Figure 1 – The external appearance of DSV-15

Table 1 – Technical characteristics of the DSV-15

Measured quantity	Measurement range	Limit of acceptable measurement error
Ultrasonic pulse frequency (F)	(40 – 80) Hz	-
Time interval for averaging values (t)	until 600 s	-
Horizontal wind speed (V)	from 0,1 to 30,0 m/s	$\pm (0,2 + 0,05 V)$ m/s, where V– the numerical value of the measured horizontal wind speed in m/s
Horizontal wind direction (D)	from 0° to 360°	$\pm 4^\circ$
Vertical wind speed (w)	from minus 15 to + 15 m/s	$\pm (0,2 + 0,02W)$ m/s, at $W > 0,1$, where W – the numerical value of the measured vertical wind speed in m/s
Temperature (T)	from minus 50 to + 55 °C	$\pm 0,3$ °C at $T \leq + 30$ °C; $\pm 0,5$ °C at $T > + 30$ °C
Atmospheric pressure (P)	(523 – 800) millimeter of mercury	$\pm 0,75$ millimeter of mercury

Continuation of Table 1

Measured quantity	Measurement range	Limit of acceptable measurement error
Relative humidity (r)	(5 – 100) %	$\pm 2,5$ % at $T > 0$ °C; $\pm 5,0$ % at $T \leq +0$ °C
Operating conditions: – temperature (T) – relative humidity (r)	from minus 50 to + 55 °C (0 – 100) %	-
Dimension	\varnothing 230 x 380 mm	-
Mass	1,4 kg	-
Power supply	12 V 4 Watt, DC	-

2 Designed structure and principle of operation of a portable complex