

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

Инженерная школа энергетики

Специальность: **14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и
инжиниринг**

НОЦ И.Н.Бутакова

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы

Установка для измерения коэффициента теплопроводности материалов

УДК 621.1.016.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5051	Данг Куок Ань		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Раков Ю. Я.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Гузырь В. В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.	-		

По разделу «Автоматизация технологических процессов и производств»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Атрошенко Ю. К	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»	Воробьев А.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2021 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг**

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
P1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке и иностранном(ых) языке(ах) для академического и профессионального взаимодействия	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P9	Способен решать задачи профессиональной деятельности с использованием базовых знаний естественнонаучных дисциплин и информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны.	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P10	Способен использовать научно-техническую информацию,	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
	отечественный и зарубежный опыт для реализации исследований в области создания, модернизации и эксплуатации ядерных энергетических установок	требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P11	Способен проводить математическое моделирование физических процессов и аппаратов технологического оборудования АС, в том числе на базе пакетов автоматизированного проектирования и исследований	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P12	Способен формулировать цели и задачи исследований в области создания и повышения эффективности эксплуатации АС, выбирать методику и средства проведения научных исследований, выполнять и анализировать результаты НИОКР, участвовать в испытаниях оборудования	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P13	Способен участвовать в организации безопасной экономической эксплуатации реакторной установки, оборудования и технологических систем энергоблока атомной электростанции, анализировать технологические процессы, режимные ограничения, алгоритмы управления и защиты АС, проводить контроль параметров сред	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P14	Способен участвовать в проектировании элементов оборудования и технологических систем атомных станций с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P15	Способен применять и разрабатывать техническую документацию в соответствии с требованиями государственных, отраслевых и ведомственных стандартов и осуществлять проектно-конструкторскую деятельность в соответствии с техническим заданием в области профессиональной деятельности	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P16	Способен проводить технико-экономический анализ и оценку конкурентоспособности и экономической эффективности проектируемых систем, оборудования и АС в целом	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P17	Способен анализировать и рассчитывать ядерно-физические и нейтронно-физические процессы термодинамические, теплогидравлические, физико-	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
	химические и технологические процессы на атомной станции	
P18	Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности, организовывать мероприятия по обеспечению ядерной, радиационной, технической, пожарной безопасности, выполнению требований охраны труда в процессе производства электрической и тепловой энергии на атомных станциях, в том числе при обращении с ядерным топливом	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P19	Способен организовать работу малых коллективов исполнителей, планировать работу персонала, разрабатывать оперативные планы работы первичных производственных подразделений, организовывать рабочие места	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P20	Способен участвовать в проведении испытаний основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок, проводить физические эксперименты на этапах физического энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P21	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности, выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P22	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников
P23	Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования АС (и ЯЭУ) применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АС	Компетенции ФГОС ВО, СУОС ТПУ, CDIO Syllabus, АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования работодателей к компетенциям выпускников

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

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 14.05.02 Атомные станции: проектирование эксплуатация и инжиниринг

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

А.В. Воробьев

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
5051	Данг Куок Ань

Тема работы:

Установка для измерения коэффициента теплопроводности материалов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

16.12.2020, 351-38/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

27 января 2021 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы производственной практики, публикаций, учебная и научно-техническая литература. Теплоноситель: вода. Тип теплообменника: трубка Фильда.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обзор литературы 2. Математическая модель ТВС с холостым ходом теплоносителя 2.1. Теплоноситель сначала омывает ТВЭЛ и выходит из канала холостым ходом. 2.2. Схема на рис.6,б теплоноситель входит в холостой канал и затем омывает ТВС 3. Описание принципиальной схемы экспериментальной установки 4. Описание экспериментальной установки 5. Компоновка лабораторного стенда 6. Методика проведения опытов

	7. Обработка результатов 8. Автоматизация производственных процессов 8.1 Описание системы контроля температуры, расхода и давления теплообменного аппарата 8.2 Выбор технических средств для реализации систем контроля 8.3 Проектирование функциональной схемы 9. Финансовый менеджмент 9.1 Планирование работ 9.2 Расчет бюджета затрат на реализацию проекта и проектирование 9.3 Оценка потенциала проекта 10. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ 10.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды 10.2 Освещение рабочего места 10.3 Микроклимат 10.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды 10.5 Приложение 1 10.6 Расчет шума
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Сборочный чертеж теплообменного аппарата; 2. Компоновочный чертеж лабораторной установки; 3. Функциональная схема экспериментальной установки 4. Детализованные чертежи основных элементов.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Гузырь В. В., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л., Ассистент ООД ШБИП
Автоматизация технологических процессов	Атрошенко Ю. К., доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15 июля 2020 года
---	--------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Раков Ю. Я.	к.т.н., доцент		15.07.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5051	Данг Куок Ань		15.07.20

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5051	Данг Куок Ань

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад доцента, к. т. н. – 26300 руб./мес. Оклад ассистента – 17000 руб./мес. Каталоги заводов-изготовителей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации 50% Районный коэффициент 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)
2. Формирование плана разработки и внедрения ИР
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков

Перечень графического материала:

1. Матрица SWOT-анализа
2. Смета итоговых расходов

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15 октября 2020
--	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Гузырь В. В.	к.э.н., доцент		15.10.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5051	Данг Куок Ань		15.10.20

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5051	Данг Куок Ань

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: насосы, вакуумную камеру, установку радиационного нагрева Область применения: Применяется в теплообменниках АЭС.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. - ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. - ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.
<p>2. Профессиональная социальная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенный уровень шума; - Повышенным уровнем общей вибрации; - Повышенный уровень электромагнитного излучения; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Механические опасности; - Электробезопасность;
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие на атмосферу и гидросферу отсутствуют.</p> <p>Твердые бытовые отходы</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС: Возгорание насосов или выпрямителя, утечек электричества, электрические выбросы.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	-		15.10.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5051	Данг Куок Ань		15.10.20

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 81 страниц, 12 рисунков, 15 таблиц, 23 источников.

Ключевые слова: теплопроводность, одномерная задача, плоский слой, вакуумная камера, вакуум.

Целью проекта является конструирование экспериментальной установки для измерения тепловых свойств конструкционных материалов.

В процессе выполнения проекта была разработана принципиальная схема лабораторной установки, спроектирована вакуумная камера, создана, создана 3D модель камеры и измерительного участка, построен сетевой график выполнения работ по проектированию, изготовлению и сборке лабораторного стенда, спроектирована схема автоматического управления температурой нагревательного элемента.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики разработанной установки: работа в широком спектре температур, высокая точность результатов, универсальность.

Степень внедрения: атомная промышленность.

Область применения: любая отрасль техники.

Экономическая эффективность установки заключается в ее универсальности.

В будущем планируется улучшение и совершенствование методов изучения коэффициента теплопроводности.

Использованные программы: Microsoft Office 14, CorelDraw X8, SolidWorks 2014, MathType, Siemens NX 9

					ФЮРА.XXXXXXX.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Теплопроводность – процесс распространения тепловой энергии при непосредственном соприкосновении отдельных частиц тела, имеющих различные температуры.

Коэффициент теплопроводности - коэффициент учитывающий количество теплоты, проходящее через однородный образец материала единичной длины и единичной площади за единицу времени при единичной разнице температур. В системе СИ единицей измерения коэффициента теплопроводности является Вт/(м·К).

Плотность теплового потока – количество теплоты, проходящее в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности. Единица измерения коэффициента теплопроводности является Вт/м².

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	16
2. ТЕОРИЯ МЕТОДА ПЛАСТИНЫ	27
3. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА	32
4. КОНСТРУИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ	34
5. РАСЧЕТ МОЩНОСТЬ НАГРЕВАТЕЛЯ	39
6. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ	41
7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ	43
8. РАЗРАБОТКА КОМПОНОВКИ СТЕНДА	46
9. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	48
9.1 Расчет капитальных затрат	56
9.1.1 Расчет затрат на оборудование	56
9.1.2 Расчет затрат на расходные материалы	56
9.2. Расчет эксплуатационных затрат	57
9.2.1 Расчет затрат на заработную плату	57
9.2.2 Расчет затрат на наладку оборудования	57
9.2.3 Расчет затрат на комплектующие	58
9.3. Уровень рентабельность проекта (Точка безубыточности)	59
10. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	61
10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
10.2 Профессиональная социальная безопасность	62
10.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов	62
Механические опасности	69
10.2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	71
10.3. Экологическая безопасность	73
11. АВТОМАТИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ	76
11.1 Описание системы регулирования температуры	76
11.2 Выбор технических средств для реализации систем контроля	76
11.3. Выбор технических средств автоматизации и контроля	77
11.4. Разработка схемы автоматизации	78

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 79

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 80

Графический материал:

ФЮРА.ХХХХХХ.002 СЗ. Принципиальная схема установки.

ФЮРА.ХХХХХХ.003 СБ. Вакуумная камера. Сборочный чертеж.

**ФЮРА.ХХХХХХ.004 МЧ. Компоновочный чертеж проектируемого
лабораторного стенда.**

**ФЮРА.ХХХХХХ.005 С2. Функциональная схема регулирования
температуры печи**

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

ВВЕДЕНИЕ

Развитие науки и производства нуждается в точных данных по теплофизическим свойствам веществ, находящихся в твердом, жидком и газообразном состоянии, в частности знание их теплопроводности. В настоящее время известны многочисленные методы измерения коэффициента теплопроводности, из них выделяют стационарные и не стационарные методы определения коэффициента теплопроводности. Чаще всего используются стационарные методы пластины и цилиндра. Популярность данных методов вызвана их простотой, так как при выводе расчётных формул используется решение одномерных задач теплопроводности. Главными недостатками указанных методов являются создание одномерного теплового потока, проходящего через исследуемый образец, а также длительность установления необходимого теплового режима при каждой заданной температуре. В результате для создания однородного теплового потока необходимо выбирать образцы большей протяженности.

Нестационарные методы основаны на исследовании меняющихся во времени по не линейному закону температурных полей. Они более сложны в реализации. Основная трудность состоит в том, что в эксперименте сложно реализовать условия, заложенные в теории метода.

Использование электронных вычислительных машин позволяет решать задачи теплопроводности для двухмерных и трехмерных температурных полей с помощью сравнительно не сложных экспериментальных установок. Основная сложность при этом возникает при обработке результатов измерений.

В данном дипломном проекте рассматривается стационарный метод измерения коэффициента теплопроводности, в котором используется решение одномерной задачи теплопроводности методом плоского слоя. На основе метода конструируется лабораторная установка.

					ФЮРА.XXXXXXX.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

Существенным преимуществом этого метода является: возможность использования образцов небольших размеров, высокая точность, относительно не высокое время измерения, широкий интервал температур.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, статьи в периодических изданиях. Обзор литературы показал, что в настоящее время для измерения коэффициента теплопроводности наиболее часто применяется стационарный метод пластины. Одним из основных преимуществ данного метода является простота расчетных формул, так как при их выводе используются решения одномерных стационарных задач теплопроводности для неограниченной пластины. Использование одномерных тепловых потоков позволяет исключить большой объем работы, возникающей при анализе двух- и трехмерных температурных полей. Использование ЭВМ позволяет существенно расширить круг задач, которые могли бы быть положены в основу экспериментального определения теплофизических свойств.

Родоначальником отечественных установок является прибор М. П. Стаценко (1927 г.). Позднее появилось большое количество различных вариантов одно- и двух-пластинчатых приборов, предназначенных для измерения теплопроводности плоских проводников теплоты как при положительных, так и при отрицательных температурах.

Ниже приведены некоторые варианты измерительных установок, основанные на стационарном методе определения теплопроводности

Автоматизированный прибор ИТС-А-20 разработан в межфакультетской учебной лаборатории «Инновационные технологии» СПбГУНиПТ [1]. Прибор предназначен для измерения теплопроводности однородных твердых неметаллических материалов, теплопроводящих пастообразных веществ и жидкостей при нормальных условиях.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

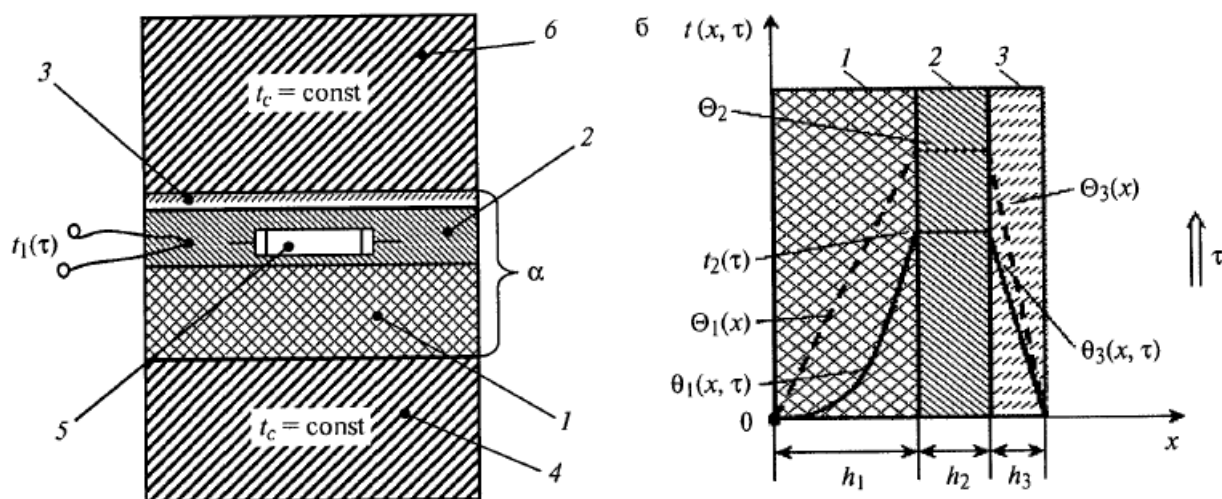


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки.

Сущность данного метода заключается в том, что образец 1 состоит в тепловом контакте с металлическим ядром 2, в котором находится электрический нагреватель 5. С противоположной стороны нагревателя располагаются тонкая теплоизоляционная прослойка 3, обеспечивающая выгодное соотношение между тепловыми потоками через образец и саму прослойку, и верхний блок 6, который в процессе опыта сохраняет температуру окружающей среды. Нижняя рабочая грань образца контактирует с внешней изотермической средой 4.

С помощью данной математической модели были получены расчетные соотношения для определения теплопроводности твердых материалов.

$$\lambda_s = \frac{h}{\frac{W_2 / K_a - K_n(h)}{S} - 2P_k} \quad (1)$$

h – высота образца, м;

S – площадь поперечного сечения образца, м^2 ;

W_2 – мощность нагревателя, Вт;

$K_n(h)$ – тепловая проводимость ячейки, учитывающая влияние тепловых потерь через теплоизоляционную прослойку и теплообмен через боковые

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

границы образца;

$2R_k$ — контактное сопротивление, $\text{м}^2 \text{К/Вт}$.

Параметры $K_n(h)$, K_a и $2R_k$ являются постоянными тепловой ячейки. Относительная погрешность измерения теплопроводности составляет 3-5%. Теплопроводность исследуемых образцов может составлять 0,10—7,0 (Вт/м К).

Т. Г. Грищенко и др. [2] был создан способ определения ТФС плоских образцов материалов и устройство для его осуществления. В основу способа определения теплофизических характеристик положено решение одномерной стационарной задачи теплопроводности для бесконечной однородной пластины толщиной $h=2H$. Авторам данной работы удалось добиться высокой точности измерений за счет улучшения теплового контакта с поверхностями тепломеров, контактирующих с исследуемым образцом.

Схема, использованная в работе, представлена на рисунке 1.

На рисунке 2 обозначены тепломеры 1 и 2, контактирующие с исследуемым образцом 15, дополнительные тепломеры 3 и 4, датчики 5 и 6 температуры поверхности тепломеров 1 и 2, контактирующих с исследуемым образцом, пары корректирующих датчиков 7,8 и 9, 10 температуры, технологические контакты прослойки 11 и 12, прослойки 13 и 14, имитирующие балластные тепловые сопротивления, исследуемый образец 15, нагнетатели 16 и 17.

Устройство реализующее способ, содержит теплообменник 18, тягу 19, коромысло 20, винт 21, шарнир 22, стакан 23, подвижный кран 24, колпак 25, защитный кожух 3.

Способ определения теплофизических характеристик плоских образцов материалов, заключающийся в измерении плотности теплового потока, проходящего через противоположные рабочие поверхности, плоского образца, температур этих поверхностей, измерении плотностей теплового потока по толщине тепломеров, одновременно являющихся образцами сравнения с известными теплофизическими свойствами, и вычисления

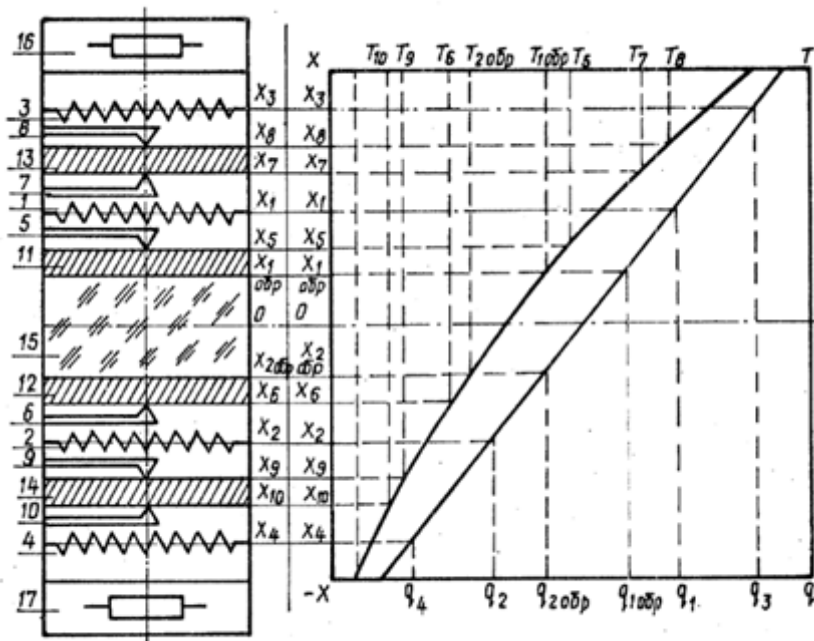


Рисунок 3 - Схема расположения термомеров, датчиков температуры и прослоек относительно образца, так же графики распределения температур и плотностей потока по сечениям [2]

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot h \cdot (q_1 + q_2)}{\Delta(T_{5-6}) - \chi(\Delta T_{7-8} + \Delta T_{9-10})};$$

Где λ - теплопроводность; h – толщина образца; q_1, q_2 – плотности теплового потока проходящего через поверхность исследуемого образца; T_{5-6} - разность температур сечений, проходящих через координаты термочувствительных элементов датчиков температуры поверхностей термомеров, контактирующих с исследуемым образцом; ΔT_{7-8} и ΔT_{9-10} - перепады температур на прослойках имитирующих балластовые тепловые сопротивления контакта; χ - безразмерные константы, не зависящие от температуры.

Стабильность теплового контакта термомеров 1 и 2 с исследуемым образцом обеспечена применением металлической эвтектики, наносимой на поверхность технологических контактов прослоек 11 и 12 термомеров 1 и 2,

контактирующих с исследуемым образцом 15, а также постоянной сдвливающей нагрузкой, создаваемой с помощью механизма нагружения. Механизм нагружения передает усилие на образец 15 через тяги 19, коромысло 20, винт 21 и шарнир 22, скрепленный с нагревателем 16.

Для уменьшения теплообмена с окружающей средой и создания требуемого температурного режима верхний нагреватель 16 и образец 15 окружены подвижным экраном, выполненным в виде стакана 23, из высокотеплопроводного материала.

Общую погрешность измерения авторы оценивают величиной 2%. Такая погрешность достигнута за счет учета теплового сопротивления контакта технологических прослоек, путем измерения корректирующими датчиками температур, а так же за счет улучшения теплового контакта соприкасающихся поверхностей тепломеров и исследуемого образца путем покрытия поверхностей тепломеров, контактирующих с исследуемым образцом, металлической эвтектикой, теплопроводность которой в несколько порядков выше, чем эффективная теплопроводность газов или жидких смазок, применяемых обычно для снижения контактного теплового сопротивления.

Похожий метод был описан в работе [3]. В работе представлена установка для исследования высокотемпературной (1000 - 1700 °С) вакуумной изоляции методом плоского слоя.

В работе [4] описывается универсальное устройство для определения теплопроводности широкого класса веществ: твердых тел, жидкостей, расплавов, газов и т.д., при различных давлениях, концентрациях и температурах.

Описывается устройство для определения теплопроводности абсолютным стационарным методом плоского слоя, содержащий измерительный прибор и ячейку. Прибор изготовлен из меди, содержит охранный элемент в виде пористого стакана, насыщенного термоэлектриком, которая в паре с медью имеет высокую термоэдс, что позволяет

температурное поле в средней части образца будет мало отличаться от температурного поля в безграничной пластине (изотермические поверхности будут параллельны торцам диска). Поэтому расчитанные формулы, полученные для безграничной пластины, могут быть применены к средней рабочей части образца.

Поверхность рабочей части образца равна площади круга по которой образец соприкасается с электронагревателями 2 (на фиг 4 выделена пунктиром). Все тепло, выделяемое нагревателем 2, должно проходить через рабочую часть образца , для этого необходимо исключить тепловой поток от электронагревателя в радиальном направлении и тепловой поток, направленный вниз. Этой цели служат кольцевой защитный нагреватель 5, отделенный от основного нагревателя 2 слоем изоляции 6.

Между электронагревателями и образцом, а также с обеих сторон слоя изоляции 6 продолжены диски из красной меди толщиной около 3мм, служащие для выравнивания температуры поверхностям образца и слоя изоляции 6. В диски заложены термопары t_1, t_3, t_4, t_5 . Термопара t_2 заложена на поверхности холодильника. Мощность электронагревателей 3 и 5 регулируется таким образом, чтобы показания термопары t_1 и t_3 и соответственно t_4 и t_5 совпадали, что свидетельствует об отсутствии тепловых потоков от электронагревателя 2, направленных радиально вниз. Электронагреватели выполняются плоскими с обмоткой из нихромовой проволоки, равномерно распределенной по поверхности.

Холодильник представляет собой полый медный диск, имеющий внутри перегородки, через который циркулирует холодная вода. Для уменьшения потерь тепла в окружающую среду прибор внутри кожуха окружен термоизоляцией 7 и 8.

Существенным условием правильного определения λ является отсутствие воздушных зазоров между поверхностью образца и поверхностями холодильника и нагревателей, поэтому соприкасающиеся поверхности

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

тщательно шлифуются и образец при помощи винта 9 плотно зажимается между холодильником и нагревателями.

Температура определяется компенсационным методом, который считается наиболее точным методом измерения температуры. Средняя температура "горячей" или "холодной" пластин в измерительном устройстве определяется при помощи абсолютной термопары (T_2), а перепад температуры в слое исследуемого вещества – дифференциальной термопарой (ΔT). Точность измерения температуры с помощью термопары (T_2) и потенциометра Р363-1 составляет $\pm 0,05^\circ$. Точность измерения градиента температуры дифференциальной термопарой (ΔT) на порядок выше и составляет около $0,005^\circ$. Получение стабильного значения градиента температур ($\Delta T = \text{const}$) (перепад температуры в слое исследуемого вещества) означает, что достигнут заданный режим, и можно определять теплопроводность. Для этого используется показание абсолютной термопары (температура T_2), и зная геометрические размеры измерительного блока (L и S), рассчитывается мощность внутреннего нагревателя в измерительном блоке (P), перепад температуры в слое исследуемого вещества (ΔT). Коэффициент теплопроводности (λ) оценивается по закону Фурье по формуле для стационарного метода плоского горизонтального слоя:

$$\lambda = P \cdot L \cdot S^{-1} \cdot \Delta T^{-1}$$

где λ - коэффициент теплопроводности [$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$];

P - мощность внутреннего нагревателя, прошедшая через образец [Вт];

L - толщина образца [м];

S - эффективная рабочая поверхность прибора [м^2];

ΔT - перепад температуры на образце [К].

При оценке перепада температуры на слое исследуемого вещества учитывалось падение температуры на толщине металла, от концов термопары (от спая) до рабочих поверхностей „горячей” и „холодной” пластин устройства для измерения теплопроводности (см рисунок 2):

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

$$\Delta T = \Delta T_{изм} - \Delta T_{м}$$

где $\Delta T_{изм}$ - перепад температуры, измеренный дифференциальной термопарой, $\Delta T_{м}$ – перепад температуры по толщине металла.

Температуру определяли при помощи медь-константановых термопар, которые индивидуально градуировались по образцовому платиновому термометру сопротивления.

Для измерения теплопроводности веществ под давлением устройство помещается внутрь автоклава 6, где и создаются необходимые давления (см. рисунок 5).

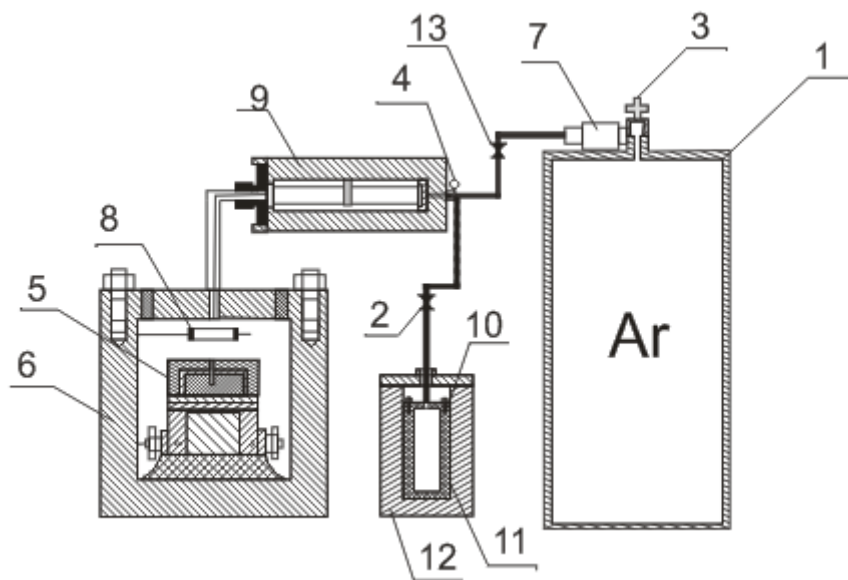


Рисунок 5 - Принципиальная схема установки для создания давления: 1 - баллон с аргоном; 2,3,13 – вентили; 4 – образцовый манометр (МО); 5 – устройство для измерения теплопроводности; 6 – автоклав; 7 – система очистки аргона; 8 – сильфон из фторопласта-4; 9 – камера высокого давления с дифференциальным сильфоном; 10 – термокомпрессор (сосуд с охлажденным аргоном); 11 – нагреватель; 12 – сосуд с жидким азотом

Давление до 15МПа создается сжатым аргоном из баллона, а выше – с использованием жидкого аргона.

Представленное устройство для измерения теплопроводности, содержащее измерительный прибор и ячейку. Устройство работает по абсолютному стационарному методу плоского горизонтального слоя, позволяет определять теплопроводность твердых, жидких и газообразных веществ в широкой области параметров состояния, включая критическую область.

Применение отдельной ячейки позволяет измерять этим устройством большой спектр веществ в широком интервале параметров состояния.

Устройство позволяет с погрешностью, не превышающей 1,2%, исследовать теплопроводность газов, жидкостей, твердых тел, пористых материалов, насыщенных флюидами в интервале температур 100-700К и давлениях до 100 МПа, включая окрестности фазовых переходов и критического состояния вещества.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2. ТЕОРИЯ МЕТОДА ПЛАСТИНЫ

Расчетная формула метода пластины выводится на основе решения стационарного одномерного уравнения теплопроводности для неограниченной пластины без учета зависимости коэффициента теплопроводности от температуры

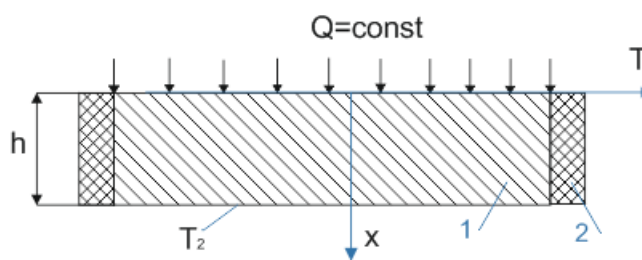


Рисунок 6 – К постановке задачи:

1 – образец; 2 – тепловая изоляция

$$\frac{d^2T}{dx^2} = 0 \quad (2)$$

с граничными условиями

$$x = 0; Q = -\lambda \frac{dT}{dx} F \quad (3)$$

$$x = h; T = T_2 \quad (4)$$

где T_2 – температура холодной стенки; K ;

F – площадь поверхности теплообмена, m^2 ;

h – толщина образца, m ;

x – текущая координата, m ;

λ – коэффициент теплопроводности, $Вт/(м·К)$;

Q – тепловой поток, $Вт$;

q – плотность теплового потока, $Вт/м^2$;

Интегрируя уравнение (2) два раза и определяя константы интегрирования с помощью граничных условий (3) и (4), получим формулу для расчета значений температуры в любой точке образца

$$T(x) = (h-x) \frac{Q}{\lambda \cdot F} + T_2 \quad (5)$$

Разность температур двух изотермических поверхностей с координатами $x=x_1$ и $x=x_2$ рассчитывается по формуле

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

$$T(x_1) - T(x_2) = (x_2 - x_1) \frac{Q}{\lambda \cdot F} \quad (6)$$

Из выражения (6) следует расчетная формула метода пластины для определения теплопроводности

$$\lambda = \frac{(x_2 - x_1) \cdot Q}{[T(x_1) - T(x_2)] \cdot F} \quad (7)$$

Из расчетной формулы (6) следует, что для определения коэффициента теплопроводности необходимо в опыте измерить тепловой поток, проходящий через пластину, и температуры $T(x_1)$ и $T(x_2)$ (или разность температур $T(x_1) - T(x_2)$) в двух точках с координатами x_1 и x_2 .

Рабочая формула (7) справедлива, если процесс распространения тепла подчиняется уравнению теплопроводности (1), т.е. когда:

- 1) отсутствуют потери тепла с боковых поверхностей (боковой теплообмен) и, следовательно, температурное поле в образце одномерное;
- 2) теплопроводность вещества не зависит от температуры.
- 3) размеры образца удовлетворяют соотношению $h/l \leq 0,1$, т.е. отношение толщины l образца к его ширине h или диаметру (если образец круглый) мало.

В случае, когда коэффициент теплопроводности не остается постоянным, а является величиной, зависящей от температуры, вместо уравнения (2) используется дифференциальное уравнение:

$$\frac{d}{dx} \left(\lambda \frac{dv}{dx} \right) = 0 \quad (8)$$

где v - избыточная температура, отсчитываемая от температуры в точке с координатой $x=0$.

Для вывода расчетной формулы с поправкой решают одномерное стационарное уравнение теплопроводности, в котором зависимость коэффициента теплопроводности от температуры предполагается линейной, т.е.

$$\lambda = \lambda_0(1 + K_\lambda \nu) \quad (9)$$

где λ_0 - значение коэффициента теплопроводности при температурах $\nu = 0$;
 K_λ - относительный температурный коэффициент теплопроводности

$$K_\lambda = \frac{1}{\lambda_0} \frac{d\lambda}{dT}$$

Математическая постановка задачи в этом случае имеет вид:

$$\frac{d}{dx} \left[\lambda_0(1 + K_\lambda \nu) \frac{d\nu}{dx} \right] = 0 \quad (10)$$

Для постоянной плотности теплового потока на поверхности плоской стенки при $x=0$ граничные условия выражаются соотношениями:

$$\nu_{x=0} = 0; \quad \frac{d\nu}{dx} = -\frac{q}{\lambda}. \quad (11)$$

Опыт показывает, что абсолютная величина относительного температурного коэффициента теплопроводности для большинства не металлов обычно лежит в пределах $0 \leq K_\lambda \leq 0,04$. Поэтому второе слагаемое стоящее в круглых скобках в уравнении (9) при перепаде температур в образце $|\nu| \leq 100^\circ C$ будет иметь значение

$$|K_\lambda \nu| \leq 0.1 \quad (12)$$

При соблюдении условия (11) комплекс $K_\lambda \nu$ может рассматриваться как величина более высокого порядка малости, по сравнению с единицей. Благодаря этому условию уравнению теплопроводности (9) можно придать такой вид, что его нелинейные члены будут поправками к основным линейным членам, т.е.

$$\frac{d^2\nu}{dx^2} + \frac{d}{dx} (K_\lambda \nu \frac{d\nu}{dx}) = 0 \quad (13)$$

где второе слагаемое более высокого порядка малости, чем первое.

Для решения дифференциального уравнения (13) с граничными условиями (3) и (4) воспользуемся методом последовательных приближений, который предполагает решение в два этапа. На первом этапе уравнение

решается без учета нелинейных членов, содержащих малый параметр K_λ . Этот этап был проделан выше и в результате было получено решение в нулевом приближении (5). Второй этап дает решение в первом приближении. Для этого во второе слагаемое уравнения (13) вместо температуры ν подставляется найденное решение в нулевом приближении, после чего уравнение линеаризуется и принимает вид:

$$\frac{d^2\nu}{dx^2} + K_\lambda \left(\frac{q}{\lambda}\right)^2 = 0 \quad (14)$$

Интегрируя уравнение (13), получим решение в виде:

$$\nu = -\frac{K_\lambda}{2} \left(\frac{q}{\lambda}\right)^2 x^2 + C_1 x + C_2 \quad (15)$$

Используя граничные условия (2) и (3), для определения констант интегрирования C_1 и C_2 получаем окончательное выражение для температурного поля в неограниченной пластине с учетом линейной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры:

$$\nu = -\frac{q \cdot x}{\lambda_0} \left(1 + \frac{K_\lambda}{2} \frac{q}{\lambda_0} x\right) \quad (16)$$

Теперь разность температур двух изотермических поверхностей с координатами $x=x_1$ и $x=x_2$ равна:

$$\nu_1 - \nu_2 = \frac{q(x_2 - x_1)}{\lambda_0} \left[1 + \frac{K_\lambda}{2} \frac{q}{\lambda_0} (x_2 + x_1)\right] \quad (17)$$

Выражение (16) можно представить в виде

$$\lambda_0 = \frac{q \cdot (x_2 - x_1)}{\nu_1 - \nu_2} \left[1 + \frac{K_\lambda}{2} \frac{q}{\lambda_0} (x_2 + x_1)\right] \quad (18)$$

Учитывая, что

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

$$\frac{q}{\lambda_0} \approx \frac{v_1 - v_2}{x_2 - x_1}$$

Формула принимает вид:

$$\lambda_0 = \lambda^* \cdot (1 + \psi_x) \quad (19)$$

где λ^* рассчитывается на основе выражения (16), а ψ_x – по формуле:

$$\psi_\lambda = \frac{1}{2} K_\lambda (v_1 - v_2) \frac{x_2 + x_1}{x_2 - x_1} \quad (20)$$

Выражение (19) является поправкой на зависимость коэффициента теплопроводности от температуры в формуле (18).

При измерениях стационарными методами полученное в опыте значение λ^* обычно считают соответствующим средней температуре образца

$$v_{cp} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (21)$$

После проведения опытов находится действительное значение λ_0 . Для этого строится график температурной зависимости для коэффициента теплопроводности, с помощью которого определяется температурный коэффициент K_x , а затем по соотношению (21) значение поправки в формуле (19).

3. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

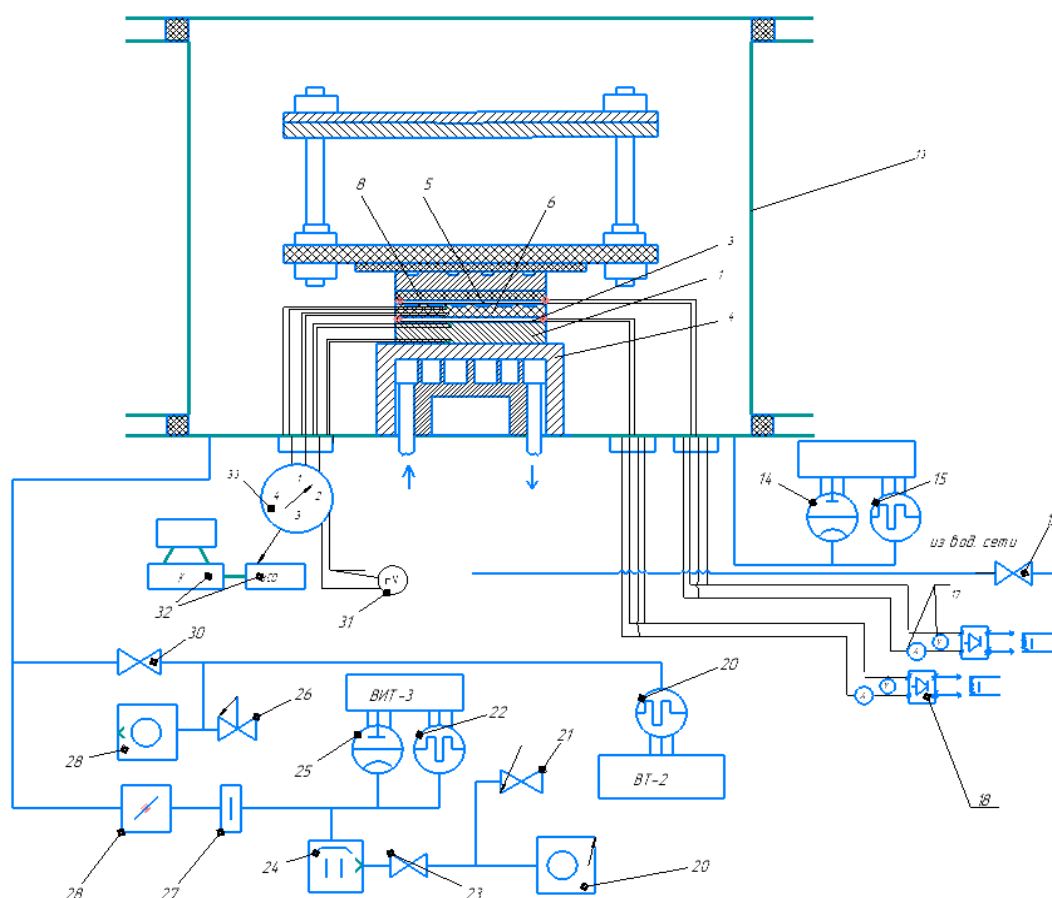


Рисунок 7 – Принципиальная схема установки

На рисунке 7 показана принципиальная схема установки для измерения коэффициента теплопроводности. Исследуемый образец 1 помещается внутрь водоохлаждаемой вакуумной камеры 13, где закрепляется между нагревателем и холодильником 4. Для уменьшения потерь тепла от основного нагревателя 2 установлен экран нагревателя 3 выполненный из фольги, который установлен между нагревающим элементом 3 и охранным нагревателем 5. Подача напряжения на нагреватель осуществляется от источника постоянного тока 18, напряжение и силу тока на котором осуществляется при помощи вольтметра и амперметра 17. Измерение температур на поверхностях образца осуществляется хром-копелевыми преобразователями температуры 16, которые вместе с дифференциальной

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

термопарой 9 подключаются к переключателю 33 типа ПТМ-4, а измерение осуществляется вольтметром постоянного тока 31, либо с помощью устройства связи (УСО) подключается к ЭВМ 32 для автоматической записи и обработки полученных результатов.

Постоянная сдавливающая нагрузка на образец осуществляется механизмом нагружения, выполненного из винта коромысла 1, на котором установлен дополнительный экран 2, и винта 3, на конце которого установлен шарик с целью уменьшения тепловых потерь.

Для создания высокого вакуума в камере $P \approx 10^{-2} - 10^{-5} \text{ Па}$ служит диффузионный насос 24 типа Н-05С, который через водяную ловушку 27 и вакуумный затвор 28 соединяется с фланцем вакуумной камеры 6. Предварительное разряжение в системе осуществляется с помощью пластинчато-роторного насоса 20 типа 2НВР-5РМ. В установке предусмотрена байпасная линия, служащая для откачки из вакуумной камеры воздуха после замены исследуемого образца, без остановки диффузионного паромасляного насоса, что уменьшает время проведения эксперимента. В байпасную линию входят: механический насос 29, вентиль 23, 30 и натекагель 26, 21. Измерения вакуума в системе осуществляется с помощью термопарных 15, 19, 22 и ионизационных 14, 25 преобразователей давления. В качестве вторичных приборов для измерения сигналов с манометрических преобразователей давления служат вакуумметры типов ВИТ-3 и ВТ-2.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

4. КОНСТРУИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ

В лабораторной установке обогреваемый образец помещается в вакуумную камеру. Конструкция данной камеры показана на рисунке 8.

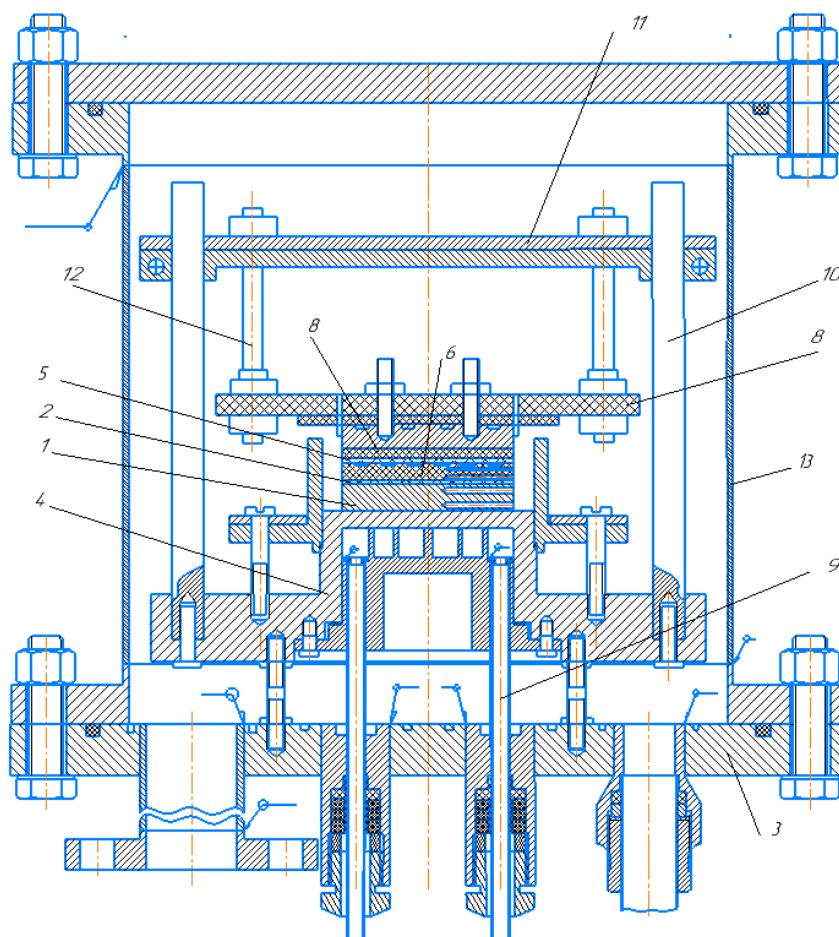


Рисунок 8 – Конструкция вакуумной печи:

Основными элементами установки является холодильник, блок системы нагрева с термопарами и система его перемещения. Между блоком нагревателей и холодильником расположен образец. В качестве последнего может служить как твёрдые вещества, так и жидкие и газообразные среды. Холодильник выполнен разборным и состоит из верхнего 4 и нижнего 15 массивных медных фланцев. На нижнем фланце профрезерованы каналы для прохода термостатирующей жидкости. Её подача и слив осуществляется с помощью штуцеров 9 припаянных к нижнему фланцу. Герметичное

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

соединение верхнего и нижнего фланцев достигается резиновой прокладкой 20 четырьмя болтами 16. Система нагрева состоит из основного и охранного нагревателей разделённых текстолитовой прокладкой 24 толщиной 6мм. Нагреватели представляют собой коробчатую конструкцию, изготовленную из двух медных дисков. В одном из дисков профрезерованы канавки, в которые уложен константановый провод с тефлоновой электрической изоляцией. В нижнем 23 и верхнем 25 дисках основного, а так же в нижнем 25 диске охранного нагревателя имеются по три глухих радиальных отверстий для закладки термопар. С помощью шпилек 29 блок нагревателей крепится к текстолитовой плите 15, подвешенной на длинных шпильках 12 к металлическому фланцу 11. Во фланце имеются два отверстия, через которые проходят цилиндрические направляющие 10 для перемещения блока нагревателей прикреплённых болтами 17 к верхнему фланцу холодильника.

Так как образец имеет конечные размеры, то некоторая часть тепло от электронагревателей будет уходить через его боковую поверхность, вследствие чего температурное поле в образце, вообще говоря, будет отличаться от температурного поля в безграничной пластине . Однако боковые утечки тепло не оказывают заметного влияния на распределение температур в средней части образца, если на него поверхностях, соприкасающихся с нагревателями и холодильником, поддерживаются постоянные температуры, а толщина образца мала по сравнению с его диаметром (характерные размеры указаны выше) . При этих условиях температурное поле в средней части образца будет мало отличается от температурного поля в безграничной пластине (изотермические поверхности будут параллельные торцам диска) . Поэтому расченные формулы, полученные для безграничной пластины, могут быть применены к средней рабочей части образца.

Поверхность рабочей части образца равна площади круга по которой образец соприкасается с электронагревателями 2. Все тепло, выделяемое нагревателем 2, должно проходить через рабочую часть образца , для этого

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

необходимо исключить тепловой поток от электронагревателя в радиальном направлении и тепловой поток, направленный вниз. Этой цели служат кольцевой защитный нагреватель 5, отделенный от основного нагревателя 2 слоем изоляций 6.

Между электронагревателям и образцом, а также с обеих сторон слоя изоляции 6 продолжены диски из красной меди толщиной около 3мм, служащие для выравнивания температуры поверхностям образца и слоя изоляции 6. В диски заложены термопары t_1 , t_3 , t_4 , t_5 . Термопара t_2 заложена на поверхности холодильника. Мощность электронагревателей 3 и 5 регулируется таким образом, чтобы показания термопары t_1 и t_3 и соответственно t_4 и t_5 совпадали, что свидетельствует об отсутствии тепловых потоков от электронагревателя 2, направленных радиально вниз. Электронагреватели выполняются плоскими с обмоткой из нихромовой проволоки, равномерно распределенной по поверхности.

Холодильник представляет собой полый медный диск, имеющий внутри перегородки, через который циркулирует холодная вода. Для уменьшения потерь тепла в окружающую среду прибор внутри кожуха окружен термоизоляцией 7 и 8.

Существенным условием правильного определения λ является отсутствие воздушных зазоров между поверхностью образца и поверхностями холодильника и нагревателей, поэтому соприкасающиеся поверхности тщательно шлифуются и образец при помощи винта 9 плотно зажимается между холодильником и нагревателями.

Однако опыт показывает, что даже самая тщательная обработка поверхностей соприкосновения не устраняет полностью воздушных зазоров. Чтобы исключить их влияние, пользуются различными методами. Простейший из них состоит в том, что между соприкасающимися поверхностями помещают порошок очень тонкого помола, приготовленный из того же материала, что и образец. Порошок заполняет воздушные зазоры между

соприкасающимися поверхности, что способствует уменьшению погрешности в определении коэффициента теплопроводности.

Схема установки для определения λ методом пластины показана на фиг 4. Электронагреватели имеют самостоятельное питание от аккумуляторной батареи или сети постоянного тока и независимую регулировку мощности при помощи реостатов. Для определения мощности, потребляемой основным нагревателем, в цепь нагревателя включены вольтметр и амперметр. Вода к холодильнику подается из напорного бачка с постоянным уровнем, что обеспечивает постоянство расхода воды через холодильник, необходимое для достижения стационарного режима. Вода, поступающая к прибору, должна иметь постоянную температуру. Термопары выведены к переключателю. Электродвижущая сила термопар измеряется милливольтметром (как показано на схеме) или компенсационным методом.

Для ввода термопар в камеру используется многоэлектродный вакуумный ввод изображенный на рисунке 9. Описание данного типа ввода приведено в [7].

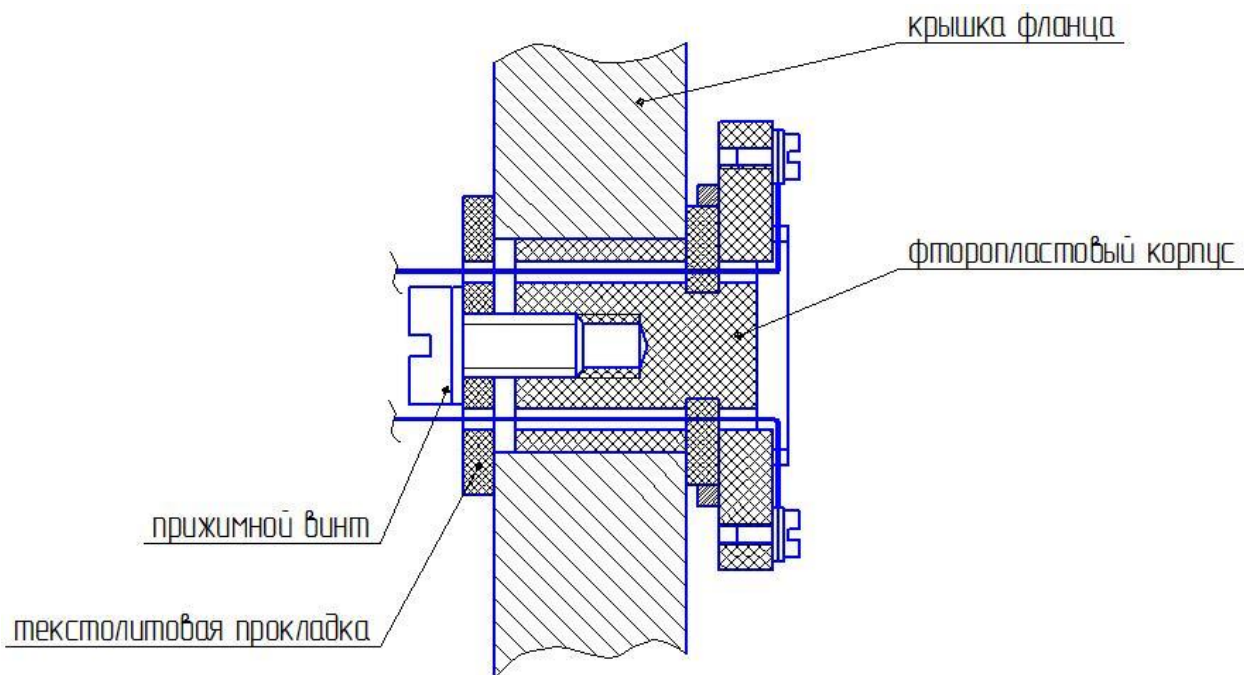


Рисунок 9 – Конструкция вакуумного токоввода

Основой конструкции многоэлектродного вакуумного ввода является фторопластовый корпус, совмещающий функции несущего элемента, межэлектродного изолятора, клеммой колодки и гайки для крепления ввода в отверстие вакуумной камеры. Корпус крепится в отверстии вакуумной камеры при помощи винта и прокладки из стеклотекстолита. Уплотнение всех стыков осуществляется одной эластичной прокладкой, изготовленной из вакуумной резины, ограниченной бандажным кольцом. Проволочные электроды диаметром 0,1 – 1 мм продеваются через уплотняющую прокладку при помощи медицинской иглы. Электроды не имеют разрывов, что важно в том случае, когда они являются ветвями термопар. При необходимости в вакуумном объеме электроды могут быть разведены на клеммы, образованные резьбовыми отверстиями в корпусе ввода и винтами 5. Количество вводимых электродов определяется диаметром имеющегося отверстия в вакуумной камере. При диаметре 20 мм удастся достаточно свободно разместить 12 электрод

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

5. РАСЧЕТ МОЩНОСТЬ НАГРЕВАТЕЛЯ

Дано:

Разность температур нагреватель $T_2 - T_1 = 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Толщина нагревателя: $\delta_H = 0,2 \text{ мм}$

Внутренний диаметр нагревателя: $d_B = 30 \text{ мм}$

Решение

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{(t_{c1} - t_{c2}) \cdot F_p}, \quad \lambda \text{ — коэффициент теплопроводности, } \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}.$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\lambda \cdot (t_{c1} - t_{c2}) \cdot F_p}{\delta} = \frac{\lambda \cdot (t_{c1} - t_{c2}) \cdot \Pi \cdot d^2}{\delta \cdot 4}$$

$$\text{Применяя: } \lambda = 5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$$

$$\Rightarrow \text{Мощность нагревателя: } Q = \frac{5 \cdot 2}{0,02} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} = 0,35,$$

Рассчитаем силу тока I :

По закону Ома:

$$Q = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2 \cdot S}{\rho \cdot L} = \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot d^2}{\rho \cdot L \cdot 4} \quad \text{где } \rho \text{ - удельное}$$

электрическое сопротивление металла стержня, $\text{Ом}\cdot\text{м}$;

$$\text{где } R = \rho \frac{L}{S} \text{ — нормальное сопротивление стержня, } \text{Ом};$$

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

$$S = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \text{ — площадь поперечного сечения, } m^2;$$

$$\Rightarrow U = \frac{2}{d} \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot L}{\Pi}} = \frac{2}{0,03} \cdot \sqrt{\frac{0,35 \cdot 10,34 \cdot 10^{-8} \cdot 0,2}{3,14}} = 3,2 \cdot 10^{-3} (B) = 3,2 (mB).$$

$$I = \frac{Q}{U} = \frac{0,35}{3,2 \cdot 10^{-3}} \approx 109,4 (A).$$

Получим: $I = 109,4 (A)$.

					ФЮРА.ХХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

6. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Измерив толщину образца, вставляют его в зазор между нагревателем и холодильником. Вращая маховик, опускают нагреватель и после остановки стрелки индикатора делают один-два оборота в направлении, соответствующем опусканию нагревателя. Включив систему охлаждения прибора, регулируют температуру в термостате до нужной величины, учитывая, что температура в термостате на $2\div 3$ К меньше температуры нижней поверхности образца. Подают напряжение питания на нагреватель, включив тумблер В1, и устанавливают ручкой регулятора напряжения $U \cong 1В$.

Измерение сигналов преобразователей температуры и теплового потока начинают через 15 минут после выключения прибора и повторяют через каждые 5 минут в следующей последовательности:

6.1. Поставив переключатель в положение «1», измеряют сигнал с «горячей» термопары, E_1 ;

6.2. Переводят переключатель в положение «2» и измеряют сигнал с «холодной» термопары, E_2 ;

6.3. Установив переключатель в положение «3», измеряют сигнал дифференциальной термопары, ΔE ;

6.4. Переводят переключатель в положение «4» и измеряют сигнал с датчика теплового потока, E_g .

Проводят вычисление отношения $E_g/\Delta E$. Измерения можно прекратить после того, как в графе для отношения $E_g/\Delta E$ появятся $3\div 5$ одинаковых результатов. Результаты считаются одинаковыми, если разница между ними не превышает ± 1 третьей значащей цифры.

Увеличив мощность нагревателя с помощью регулятора напряжения, проводят повторные измерения согласно вышеприведенной методике.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

После окончания работы с прибором необходимо:

- вывести ручку регулятора напряжения до «0»;
- отключить прибор от сети тумблером В1;
- отключить систему охлаждения прибора от питающих источников (выключить термостат и закрыть вентиль водопроводной воды);

выключить потенциометр.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		42

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Значение коэффициента теплопроводности в первом приближении определяется по формуле

$$\lambda^* = \frac{q(x_2 - x_1)}{V_1 - v_2},$$

а если термоэлектрические преобразователи заложены на поверхности образца, то используют выражение

$$\lambda = \frac{q\ell_1}{\Delta T} \quad (22)$$

где ℓ_1 - толщина образца, М;

q_F - плотность теплового потока, равная $\frac{E_g}{K_g}$, Вт/м²;

E_g - сигнал датчика теплового потока, мВ;

K_g - коэффициент преобразования теплового потока в ТЭДС датчика ($K_g = 0.00286$ мВ м²/Вт);

ΔT - разность температур между торцевыми поверхностями образца, равная

$$\Delta T = E/K_T;$$

ΔE - сигнал дифференциальной термопары, мВ;

K_T - чувствительность термопары ($K_T = 0.041$ мВ/К).

Учитывая изложенное, соотношение (20) можно представить в виде следующей формулы:

$$\lambda^* = \frac{\ell_1 K_T}{K_g} \frac{E_g}{\Delta E} \quad (23)$$

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

Рассчитанное по формуле (22) значение λ^* относят к среднеарифметической температуре образца $V_{cp} = (V_1 + V_2)/2$. Вычисление коэффициента теплопроводности по формуле (22) проводят для всех стационарных режимов, осуществленных в опытах.

Далее вычисляют уточненные значения коэффициента теплопроводности согласно формуле (17). Входящая в эту формулу поправка на зависимость коэффициента теплопроводности от температуры, содержит коэффициент K_λ . Численное значение этого коэффициента определяют по формуле:

$$K_\lambda \approx \frac{\lambda_2^* - \lambda_1^*}{\lambda_1^* (V_{cp1} - V_{cp2})}, \quad (24)$$

где λ_1^*, λ_2^* - коэффициенты теплопроводности, рассчитанные по формуле (22), для двух стационарных режимов;

V_{cp1}, V_{cp2} - средние температуры образца.

Определение ошибок измерений

Коэффициент теплопроводности по методу выражается уравнением:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{(t_{c1} - t_{c2}) \cdot F_p}$$

Логарифм этой функции имеет вид:

$$\ln \lambda = \ln Q + \ln \delta - \ln(t_{c1} - t_{c2}) - \ln(F_p),$$

а полный дифференциал:

$$d(\ln \lambda) = \frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{dQ}{Q} + \frac{d\delta}{\delta} + \frac{d(t_{c1} - t_{c2})}{t_{c1} - t_{c2}} + \frac{dF_p}{F_p}.$$

					ФЮРА.XXXXXXX.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

Тогда относительная ошибка измерений коэффициента теплопроводности определяется из выражения

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta Q}{Q} + \frac{\Delta\delta}{\delta} + \frac{\Delta t_{c1} + \Delta t_{c2}}{t_{c1} - t_{c2}} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta F_p}{F_p} = 0,108,$$

где Δ - абсолютные ошибки измерений отдельных величин с помощью имеющихся приборов.

$$\alpha = \alpha_{рас} \pm 0,108.$$

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

8. РАЗРАБОТКА КОМПОНОВКИ СТЕНДА

Компоновка лабораторного стенда была проведена с учетом рационального использования рабочего места. Рабочее место обеспечивает удобную рабочую позу, исключает ненужное перемещение. Чертеж лабораторного стенда приведен в графическом листе ФЮРА.ХХХХХХ.005 МЧ

1. Спроектирована вакуумная камера описанная в 5 главе и рассчитанная в 6 главе;
2. Для предварительной откачки был выбран механический насос ЗНВР–1Д;
3. Основной диффузионный масляный насос Н-05С;
4. Вторичные приборы преобразователей ВИТ-3 и ВТ-2;
5. Мультиметр DT830В
6. Вакуумный затвор имеющий клапан с углом в 90° ;
7. Клапаны и натекатели;

Для питания нагревателя, работающего при постоянном токе и для регулирования его мощности, используется выпрямитель.

Выпрямитель питается от трехфазной сети 380/220 – 50 Гц. Потребляемая от сети мощность 18 кВт. Коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,6$. Напряжение холостого хода выпрямителя – 60 В. Максимальное падение напряжение – 45 В. Ток через нагреватель регулируется плавно от 30 до 300 ампер. Величина пульсации напряжения $\leq 12\%$.

Выпрямитель представляет собой каркасный шкаф размером 650x450x1500 мм и весом 500 кг. В шкафу расположены понижающий трехфазный трансформатор, кремниевые диоды ВК-200, с радиаторами водяного охлаждения и реле расхода воды и воздуха, дроссели насыщения, воздушный фильтр и блок управления.

Количество воды необходимое для подачи воды для охлаждения диодов не должно быть меньше 3 л/мин.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

Включение выпрямителя, нагрев нагревателя, регулировка тока на нагревателе и контроль режимов осуществляется с помощью блока управления выпрямителя.

Насосы вакуумные пластинчато–роторные типа ЗНВР-1Д двухступенчатой конструкции, с масляным уплотнением предназначены для откачки из герметичных объемов воздуха, химически неагрессивных газов и парогазовых смесей, предварительно очищенных от капельной влаги и механических загрязнений, от атмосферного давления до предельного остаточного.

В качестве основного насоса применяется диффузионный паромасляный насос типа Н-05С предназначенный создания высокого вакуума

Расположены насосы под вакуумной камерой. Основные технические характеристики механических насосов приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Технические характеристики насосов

Наименование	ЗНВР-1Д [10]	Н-05С [11]
Быстрота действия, л/с	1	100
Предельное остаточное давление, мм.рт.ст	$6,7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Количества заливаемого масла, л	0,5	0,4
Частота вращения ротора в насос, c^{-1}	46,6	-
Мощность электродвигателя, Вт	250	0,5
Напряжение сети, В	380	220
Потребляемая мощность из сети, Вт	300	-
Уровень звука, дБ	70	-
Средняя наработка на отказ, ч	$2 \cdot 10^{-3}$	-
Габариты, мм		
длина	320	364
ширина	130	210
высота	200	155

9. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Сетевое планирование и управление – это комплекс графических и расчетных методов, организационных мероприятий, обеспечивающих моделирование, анализ и динамическую перестройку плана выполнения сложных проектов и разработок.

Целью данного раздела является определение сметы расходов на выполнение НИР (затрат на заработную плату, наладку оборудования, расходные материалы, комплектующие, оборудование, стоимость основных средств). Экспериментальная установка по измерению коэффициента теплопроводности твердых и сыпучих материалов представляет из себя передвижной стол, на котором расположена вакуумная камера и компрессор. В вакуумную камеру помещается специальная электрическая печь для нагрева образцов. Также в состав установки входит большое количество измерительных приборов.

Сетевое планирование и управление – это комплекс графических и расчетных методов, организационных мероприятий, обеспечивающих моделирование, анализ и динамическую перестройку плана выполнения сложных проектов и разработок.

Планирование НИР

Метод сетевого планирования и управления предназначен для разработки исходного плана реализации комплекса работ и принятия эффективных решений в процессе выполнения плана. Применение сетевого планирования позволяет повысить качество и эффективность управления сложными комплексами работ и управлять сроками выполнения работ.

Сетевой график отражает состав, связи и последовательность выполнения комплекса работ и событий, направленных на достижение конечного результата.

					ФЮРА.XXXXXXX.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Подготовка исходных данных для построения сетевого графика включает:

- определение начального и конечного событий;
- составление перечня всех событий, следующих за начальным и без которых не может произойти конечное событие;
- составление списка работ, соединяющих намеченные события;
- определение продолжительности выполнения каждой работы.

При построении сетевого графика должны учитываться следующие четыре правила:

- график должен иметь только одно начальное событие (исток) и только одно конечное событие (сток);
- ни одно событие не может произойти до тех пор, пока не будут закончены все входящие в него работы;
- ни одна работа, выходящая из какого-либо события, не может начаться до тех пор, пока не произойдет данное событие;
- график должен быть упорядоченным.

В разработке проекта участвуют 3 специалиста:

- 1- Руководитель
- 2- Инженер
- 3- Лаборант

Таблица 2 - Данные сетевого графика

№	Название работы	Исполнители	Длительность работы t_{ij} , сут
0-1	подбор персонала	1	1
1-2	анализ литературы	2	2
1-3	поиск информации по другим экспериментальным установкам	3	2
2-3	объединение информации	2	4
3-4	ознакомление с найденной информацией	1,2,3	4
4-5	проектирование ЭУ	2	7

Продолжение таблицы 2

5-6	расчет элементов установки	2	3
5-7	моделирование 3D модели установки	3	15
7-8	разработка компоновки стенда	3	2
6-9	расчет стоимости необходимых материалов и оборудования	2	1
9-10	закупка материала	2	1
8-10	изготовление элементов ЭУ и стенда	3	15
10-11	покупка измерительного оборудования	1	7
10-12	организация рабочего места	3	3
11-14	транспортировка к месту сборки	1	5
12-13	покупка вспомогательного оборудования	2	1
13-14	сборка и установка ЭУ	3	7
14-15	установка водяного охлаждения установки	3	4
14-16	установка вакуумных насосов	2	1
15-17	проверка герметичности установки	3	2
16-17	сборка остальных элементов внутри корпуса установки	2	2
17-18	проверка водяного охлаждения	2,3	1
18-19	проверка выпрямителя напряжения нагревателя	2,3	1
19-20	проведение первичной серии испытательных экспериментов	2,3	7
20-21	формирование отчетов по проделанным экспериментам	2	1
21-22	устранение недочетов	3	3
22-23	формирование отчетов по проделанным экспериментам	2	2
22-24	проведение вторичной серии экспериментов	3	5
23-24	устранение недочетов	3	1
24-25	проведение НИР	2,3	60

Продолжение таблицы 2

24-26	обработка и анализ полученных данных	2,3	10
24-27	расчет сметы	1	3
25-29	формирование отчета	2	10
26-28	завершение НИР	2,3	5
27-28	написание заключения о проделанной работе	1	7

По данным таблицы 2 можно построить сетевой график, который будет отражать состав, связи и последовательность выполнения комплекса работ и событий, направленных на достижение конечного результата.

Для расчета параметров сетевого графика воспользуемся секторным методом, при котором кружки событий делятся на четыре сектора, в которых записываются номер события (верхний сектор), раннее время свершения события T_i^P (левый сектор), позднее время свершения события T_i^H (правый сектор) и резерв события R_i (нижний сектор).

Стрелками (лучами) обозначены работы, продолжительность (длительность) которых указываются в центре стрелки. Число, стоящее в начале луча в верхней части указывает на ранее начало совершения работы, в конце в верхней части – ранее окончание. Аналогичный смысл несут числа под стрелкой: в начале – позднее начало, в конце – позднее окончание. В центре луча (число с чертой) указывается резерв времени совершения данной работы:

$$R_{i,j}^n = t_j^n - t_i^p - t_{ij} = t_{ij}^{no} - t_{ij}^{po} - t_{ij}.$$

где t_{ij}^{no} – позднее окончание работы

t_{ij}^{nn} – позднее начало работы;

t_{ij}^{po} – ранее окончание работы;

t_{ij}^{pn} – ранее начало работы.

Таблица 3 - Результаты расчета сетевого графика

№	t_{ij}^{PH}	t_{ij}^{PO}	t_{ij}^{MH}	t_{ij}^{NO}	R_{ij}
0-1	0	1	0	1	0
1-2	1	3	1	3	0
1-3	1	7	1	7	0
2-3	3	7	3	7	0
3-4	7	11	7	11	0
4-5	11	18	11	18	0
5-6	18	21	18	48	27
5-7	18	33	18	33	0
7-8	33	35	33	35	0
6-9	21	22	48	49	27
9-10	22	50	49	50	0
8-10	35	50	35	50	0
10-11	50	57	50	57	0
10-12	50	53	50	53	0
11-14	57	62	57	62	0
12-13	53	55	53	55	0
13-14	55	52	55	62	10
14-15	62	66	62	66	0
14-16	62	63	62	63	0
15-17	66	68	66	68	0
16-17	63	68	66	68	0
17-18	68	69	68	69	0

Продолжение таблицы 3

18-19	69	70	69	70	0
19-20	70	77	70	77	0
20-21	77	78	77	78	0
21-22	78	81	78	81	0
22-23	81	83	81	83	0
22-24	81	88	81	88	0
23-24	83	88	83	88	0
24-25	88	148	88	148	0
24-26	88	91	88	153	62
24-27	88	91	88	151	60
25-29	148	158	148	158	0
26-28	91	98	153	158	60
27-28	91	98	151	158	60

Анализ сетевого графика

Определив все параметры сетевого графика, можно построить линейный график работ, который показывает, сколько времени затрачивается на работу. Длина ленты линейного графика равна календарному времени выполнения этой работы с учетом планового направления на нее соответствующих ресурсов.

Заполнив сетевой график, определим критический путь (наиболее продолжительный): 0-1, 1-2, 1-3, 3-4, 4-5, 5-7, 7-10, 10-11, 11-14, 14-15, 15-17, 17-18, 18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-24, 24-25, 25-29.

Таким образом, для выполнения всех работ НИР потребуется 158 дней.

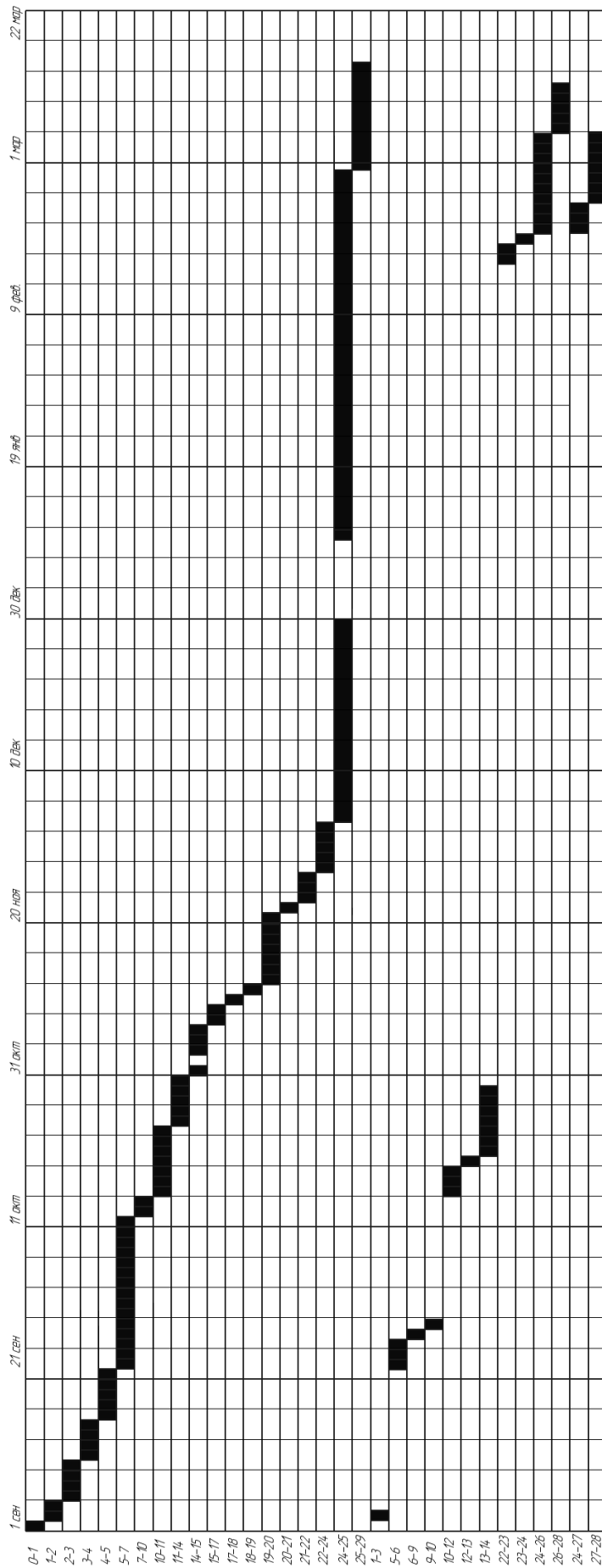


Рисунок 10 - Линейный график выполнения работ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ

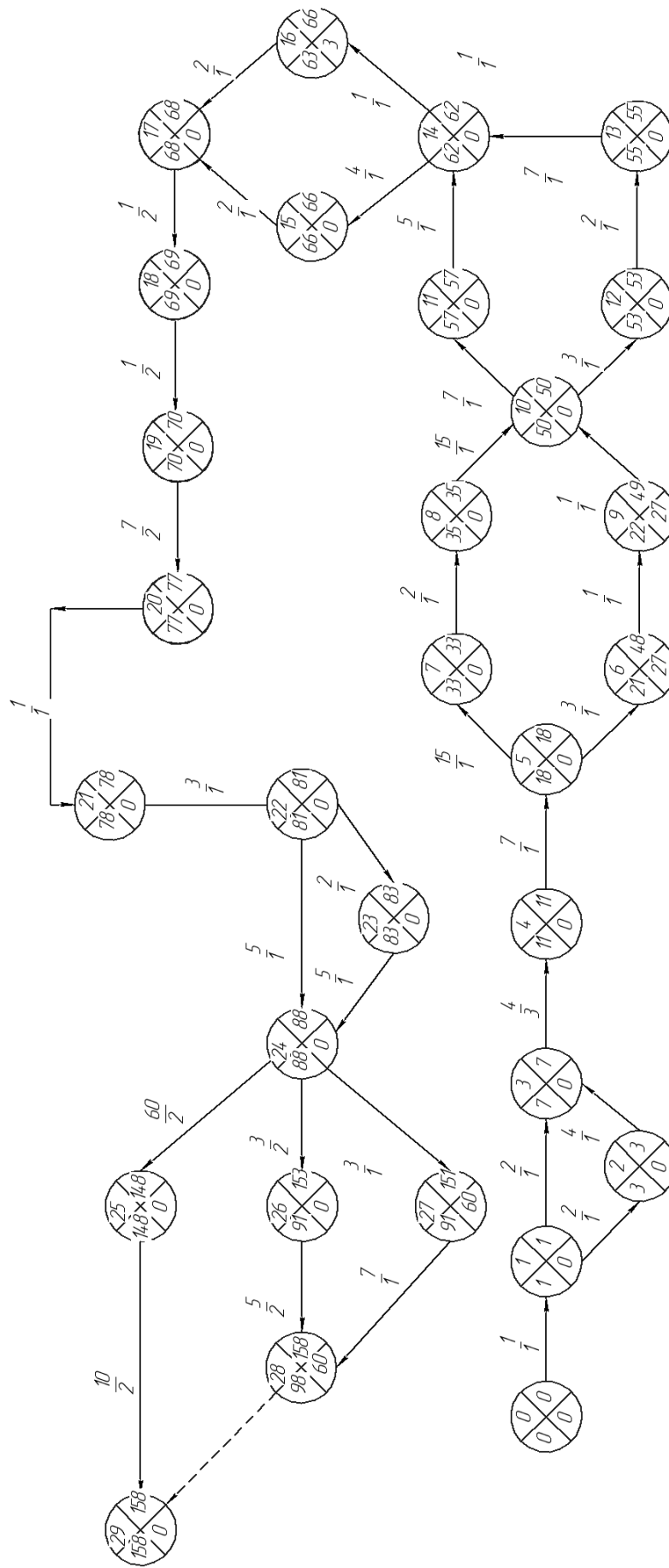


Рисунок 11 - Сетевой график выполнения работ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Смета расходов на выполнение НИР: Смета составляется с целью планирования расходов. В ней перечисляются виды расходов, их денежная оценка по статьям.

9.1 Расчет капитальных затрат

9.1.1 Расчет затрат на оборудование

Таблица 4 – стоимость стандартных изделий, используемых в экспериментальной установке

№	Наименование	Кол-во	цена	стоимость
1	Фланец d=295mm	4	1050	4200
2	Фланец d=90mm	6	450	2700
3	Фланец d=210mm	1	900	900
4	Фланец d=100mm	1	550	550
5	Смотровое стекло 50/12	1	300	300
6	Втулка фторопластовая 50/23	1	80	80
7	Втулка фторопластовая d=23mm	4	80	320
8	Прокладка из вакуумной резины	10	30	300
9	Шайба резиновая d=24mm	2	30	60
10	Болт М16	10	50	500
11	Гайка М16	10	40	400
12	Шайба М16	10	20	200
13	Болт М8	10	30	300
14	Шайба М8	10	15	150
15	Болт М6	12	25	300
16	Гайка М6	12	20	240

Итого $C_{с.и.} = 11\ 500$ руб.

9.1.2 Расчет затрат на расходные материалы

Таблица 5 - Стоимость закупаемых расходных материалов

№ п/п	Наименование расходного материала	Кол-во	Цена	Стоимость
1	Бумага для принтера А4 «Снегурочка»	1	220	220
2	Листы А1	10	25	250
3	Тетради для расчетов	5	20	100
4	Папка для бумаг	2	40	80
5	Мультифора	50	2	100
6	Другие канцтовары	-	-	500

Итого : $C_{р.м.} = 1250$

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ				

9.2. Расчет эксплуатационных затрат

9.2.1 Расчет затрат на заработную плату

$$\Phi ЗП = \Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{доп}.$$

Таблица 6 – Оклады участников НИР

Должность	Оклад
Доцент (руководитель)	27500 р
Лаборант (ассистент, техник)	17500 р
Инженер	30000 р

В таблице 6 указаны оклады участников НИР. На основании этих данных рассчитаем основной ФЗП:

$$\Phi ЗП_{осн} = 7.5 \cdot (0,5 \cdot 27500 + 17500 + 30000) = 459375 \text{ р.}$$

Дополнительный ФПЗ:

$$\Phi ЗП_{доп} = (10 \div 17)\% \cdot \Phi ЗП_{осн} = 0,15 \cdot 459375 = 68906 \text{ р.}$$

Таким образом, фонд заработной платы:

$$\Phi ЗП = 459375 + 68906 = 528281 \text{ р.}$$

Начисления в фонд по оплате труда:

$$Вот = 30,2\% \cdot \Phi ЗП = 0,302 \cdot 308700 = 159540 \text{ р } 95 \text{ коп.}$$

9.2.2 Расчет затрат на наладку оборудования

Работы по наладке оборудования будут производиться сторонними организациями, оплата которых так же будет учтена в смете. Для выполнения данного проекта нам потребуются услуги организаций, такие как сварочные, сверлильные и токарные работы.

Таблица 7 – Дополнительные работы

Наименование услуги:	Затраты, руб
- сварочные работы	6000
- сверлильные работы	1500
- токарные работы	2000

9.3. Уровень рентабельность проекта (Точка безубыточности)

$$Coc = Cр.м. + Со.м. + Сс.и.,$$

где $Cр.м. = 1250 р$ – стоимость расходных материалов

$Со.м. = 172\,905 р$ – стоимость основных материалов;

$Сс.и. = 11\,500 р$ – стоимость стандартных изделий.

$$Coc = 1250 + 172905 + 11500 = 185\,655 \text{ рублей}$$

Таблица 9 - Смета расходов на выполнение НИР

Наименование статей расходов	Статьи расходов по кодам ЭКР	Всего, руб.
Фонд заработной платы основной	211	459,375
Фонд заработной платы дополнительной		68,906
Фонд заработной платы общий		528,281
Начисления на выплаты по оплате труда, 30.2 %	213	159,541
Командировки:		-
расходы по оплате суточных	212	
транспортные расходы по служебным командировкам	222	-
компенсация стоимости жилья	226	-
Оплата услуг связи	221	2
Арендная плата за пользование имуществом	224	8
Прочие услуги: - в том числе оплата НИР сторонних организаций (не более 50% общего объема договора); - оплата по договорам гражданско-правового характера;	226	30
Увеличение стоимости основных средств	310	185,655
Увеличение стоимости материальных запасов	340	3
Итого прямые расходы :		913,477
Накладные расходы, 10 %		91,348
Цена договора:		1004,825

Точка безубыточности 1 004 825 рублей

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

На основании приведенных выше расчетов можно сделать вывод о том, что стоимость установки для измерения коэффициента теплопроводности твердых тел достаточно высока, т.к. необходимо создать жесткую среду для уменьшения утечки, потери тепла в окружающую среду, тем самым точно определяя коэффициент теплопроводности. В рамках экспериментальной работы, такой, как исследования в университете, возможно использовать доступные материалы для снижения затрат. Таким образом, можно сделать вывод, что экономический расчет не дает достаточно информации для окончательного вывода.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

10. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Объектом исследования в данной дипломной работе является экспериментальная установка по измерению коэффициента теплопроводности твердых и сыпучих материалов. Данная установка представляет из себя передвижной стол, на котором расположена вакуумная камера и компрессор. В вакуумную камеру помещается специальная электрическая печь для нагрева образцов. Также в состав установки входит большое количество измерительных приборов.

В данном дипломном проекте в качестве рабочего места представлена лабораторная установка для изучения тепломассообменных процессов. Основная работа установки заключается в исследовании теплопроводности и температуропроводности материалов. К основному оборудованию экспериментальной установки относятся: нагреватель, измерительные приборы, источник питания, образец исследования.

10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно системе стандартов безопасности труда тезисно ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ и ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ можно заключить, что рабочее место при выполнении работ должно быть:

1. Организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

2. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

3. Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Что же касается зон для выполнения ручных операций и размещения управления, то при проектировании оборудования и организации рабочего

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин.

Ссылаясь на госстандарт системы «Человек-машина» ГОСТ 22269-76 [3] выделим главные положения, устанавливающие основные требования и взаимосвязь между человеком и рабочим местом(машиной):

Общие требования:

- При взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором.

10.2 Профессиональная социальная безопасность.

10.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.

Возможные вредные факторы в рамках данного дипломного проекта, заключаются в вероятности появления острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования при работе с экспериментальной установкой. Чтобы избежать возможных травм, следует пользоваться средствами индивидуальной защиты, такими как перчатки, рабочий халат, защитные очки.

К опасным факторам в данном случае относятся механические опасности при конструировании экспериментальной установки. Во избежание этого все инструменты хранятся в ящиках, на рабочем месте поддерживается порядок.

					ФЮРА.XXXXXXX.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

Электробезопасность при работе с установкой обеспечивается за счет применения технических и организационных мер, которые регламентированы в соответствии с действующими правилами устройства электроустановок.

В рабочей зоне лаборатории могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы: повышенная температура рабочих поверхностей и воздуха рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, вибрация, возможность поражения электрическим током и получения травм механического воздействия.

Таблица 10 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Проведение исследования	Нормативные документы
1. Повышенный уровень шума	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [9].
2. Повышенным уровнем общей вибрации	+	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека.
3. Повышенный уровень электромагнитного излучения	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности [7].
4. Механический фактор	+	ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация [6].
5. Электробезопасность	+	ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. [11] ГОСТ 12.1.019-2017 [12]

Повышенный уровень шума

К источникам шума в помещении лаборатории относятся: компрессор с ресивером для охладительной системы, диффузионный масляный насос для осуществления вакуума и работа вытяжной вентиляции.

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и

сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

В лабораторных помещениях для проведения экспериментов уровень шума не должен превышать 75 дБА согласно .

Таблица 11 - Требования к допустимым уровням шума на рабочем месте в помещении лаборатории

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах со среднегеометрическими частотам, Гц									Уровни звука, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Для персонала, работающего в помещениях лабораторий с шумным оборудованием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Расчет уровня шума в лаборатории.

Укажите уровни шума в таблице 12.

Таблица 12 – Уровень шума комплектующих установки источник шума

Источник шума	Уровень шума, дБ	Звуковое давление, Па
Компрессор	61	0,224

Основной характеристикой звукового поля является уровень его звукового давления N . Оно вычисляется по формуле:

$$N = \frac{20 \lg p}{p_0},$$

где: p – эффективное звуковое давление дин/см²;

$p = 2 \cdot 10^4$ Па – звуковое давление принятое за нулевой уровень.

Вычислим эффективное звуковое давление p_i :

$$p_i = 10^{\frac{N_i}{20}} \cdot p_0,$$

где N_i и p_i параметры i -го источника шума, а $i=1, 2, \dots n$.

Звуковое давление нескольких источников N суммируется по следующей формуле:

$$N = \frac{20 \lg(p_1 + p_2 + \dots + p_n)}{p_0},$$

где N – суммарный уровень звукового давления.

p_1, p_2, p_n – эффективное звуковое давление для каждого значения N_1, N_2, N_n .

Вычисляем общий уровень шума формуле:

$$N = 20 \lg \frac{0,224}{2 \cdot 10^{-4}} = 60,9 \text{ дБ} < 75 \text{ дБ}.$$

Расчет уровня шума действителен.

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые разработкой шумобезопасной техники:

- применением средств и методов коллективной защиты,
- применением средств индивидуальной защиты по

К методам коллективной защиты относятся:

- снижение шума за счет совершенствования оборудования;
- изменения направления шума;
- применение звукоизоляции;
- рациональная планировка предприятий.

К методам индивидуальной защиты относятся средства индивидуальной защиты. Согласно к ним относятся противошумные шлемофоны (шлемы), наушники, заглушки, вкладыши.

Повышенным уровнем общей вибрации

Влияние вибрации на человека проявляется в нарушении физиологического и функционального состояния организма. К нарушениям функционального состояния организма относятся нарушения вестибулярных реакций, нарушения координации движений, повышенная утомляемость, увеличение времени зрительной и двигательной реакции. Это влечет за собой снижение производительности. Изменения в физиологическом состоянии организма проявляются в нарушении функций опорно-двигательного аппарата, нарушении функций сердечнососудистой системы, развитии заболеваний периферической нервной системы, нарушении функций органов внутренней секреции, поражении мышечных тканей и суставов. В итоге, все выше перечисленные нарушения приводят к развитию так называемой вибрационной болезни.

К источникам вибрации в лаборатории относятся насосные агрегаты и электродвигатели.

Таблица 13 - Предельно допустимые значения вибраций рабочих мест 3 категории технологического типа В.

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X ₀ , Y ₀ , Z ₀							
	виброускорения				виброскорости			
	м/с ²		дБ		м/с 10 ⁻²		дБ	
	1/3окт	1/1окт	1/3окт	1/1окт	1/3окт	1/1окт	1/3окт	1/1окт
1,6	0,0125		82		0,13		88	
2,0	0,0112	0,02	81	86	0,09	0,018	85	91
2,5	0,01		80		0,063		82	
3,15	0,009	0,014	79	83	0,045		79	
4,0	0,008		78		0,032	0,063	76	82
5,0	0,008		78		0,025		74	

Продолжение таблицы 13

6,3	0,008	0,014	78	83	0,02	0,032	72	75
8,0	0,008		78		0,016		70	
10,0	0,01		80		0,016		70	
12,5	0,0125	0,028	82	89	0,016	0,028	70	75
16,0	0,016		84		0,016		70	
20,0	0,02		86		0,016		70	
25,0	0,025	0,056	88	95	0,016	0,028	70	75
31,5	0,032		90		0,016		70	
40,0	0,04		92		0,016		70	
50,0	0,5	0,112	94	101	0,016	0,028	70	75
63,0	0,063		96		0,016		70	
80,0	0,08		98		0,016		70	

Защита от вибрации осуществляется за счет проведения организационных, технических и медико-профилактических мероприятий.

К организационным мероприятиям относится ограничение времени воздействия вибрации на человека.

К техническим мерам относятся:

1. Снижение вибрации в источнике возникновения – улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин;
2. Виброгашение – увеличение эффективной массы путем присоединения оборудования к фундаменту;
3. Виброизоляция – применение резиновых, пружинных, гидравлических и др. виброизоляторов при монтаже оборудования;
4. Вибродемпфирование – применение материалов с большим внутренним трением;
5. Индивидуальные средства защиты – виброзащитные обувь, перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

Повышенный уровень электромагнитного излучения

В оборудовании для исследования теплопередачи пучка трубок используется множество электрооборудования, которое затем может быть источником электромагнитного излучения. Примерами являются электрические линии, электродинамические преобразователи, места их приваривания к трубам теплообмена и т. Д.

Электромагнитные поля не воспринимаются человеком, однако они оказывают существенное влияние на деятельность человека, поскольку электромагнитное поле обладает высокой биологической активностью, которая может нарушать работу нервной системы человека.

Электромагнитная безопасность регулируется государственными стандартами и правилами и положениями гигиены. Согласно ГОСТ 12.1.006-84 [7], предельно допустимый уровень (ПДК) электромагнитного поля представлены в таблице 2.

Таблица 14 – Предельно допустимые уровни ЭМП [7]

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц		
	от 0,06 до 3	св. 3 до 30	св. 30 до 300
$E_{пд}$, В/м	500	300	80
$H_{пд}$, А/м	20	-	-
$\mathcal{E}N_{E_{пд}}, \left(\frac{В}{м}\right)^2 \cdot ч$	20000	7000	800
$\mathcal{E}N_{H_{пд}}, \left(\frac{А}{м}\right)^2 \cdot ч,$	200	-	-

где $E_{пд}$ и $H_{пд}$ - предельно допустимые значения напряженности электрического, В/м, и магнитного, А/м, поля; $\mathcal{E}N_{E_{пд}}$ и $\mathcal{E}N_{H_{пд}}$ - предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня.

Мероприятия по снижению уровней воздействия электромагнитного излучения на исследователя [8]:

Обеспечение защиты работников от неблагоприятного воздействия ЭМП достигается за счет реализации организационных и технических мероприятий.

Организационные меры включают меры по обеспечению соблюдения требований по ограничению пребывания сотрудников в условиях воздействия ЭМП и организацию рабочего места на удалении от токоведущих частей оборудования. соблюдать дистанционное управление.

Технические меры включают меры по снижению уровня ЭМП на рабочем месте путем экранирования источника ЭМП или рабочего места. Экранирование должно быть выполнено из материала с высокой магнитной постоянной.

Механические опасности

Механические опасности – нежелательные воздействия на человека, образовавшиеся в результате сил гравитации или кинетической энергии тел.

К источникам механических опасностей в помещении лаборатории относятся:

- Части механизмов оборудования, находящиеся в движении;
- Незакрепленное оборудование (материалы, инструменты и т.д.);
- Острые углы столов;
- Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов или оборудования;
- Расположения рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли;
- Поверхности установки, находящиеся под высоким напряжением или температурой.

В зависимости от возможности предохранения человека в условиях взаимодействия его с потенциально опасными техническими объектами применяются два основных метода защиты персонала от механических опасностей:

- Обеспечение ограниченного доступа к опасным частям оборудования;

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

- Применение СИЗ (специальная обувь, перчатки, каски, защитные каски).

Электробезопасность

По классификации опасности поражения электрическим током лаборатория относится ко 2 классу - объект имеет повышенный уровень опасности. Это связано с наличием следующих опасностей:

- токопроводящие полы (железобетон);
- способность человека одновременно контактировать с заземленными металлическими конструкциями зданий, с другой стороны, и металлическими кожухами электрооборудования, с другой.

Таблица 15 - Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки [11]

Род тока	U , В	I , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Для безопасной работы в электроустановках принимается ряд организационных мер, предусмотренных ГОСТ 12.1.019-79 [12]:

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках должны выполняться следующие организационные мероприятия: назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ; осуществление допуска к проведению работ; организация надзора за проведением работ; установление рациональных режимов труда и отдыха.

Также используются технические методы и средства электробезопасности: малое напряжение; изоляция токоведущих частей; защитное заземление; защитные оболочки.

Напряжение лабораторной установки регулируется примерно от 220 В, максимальный ток - 1 А.

В связи с этим для данной установки требуется вторая группа сертификатов по электробезопасности.

10.2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Эффективный и безопасный труд возможен только в том случае, если производственные условия на рабочем месте отвечают всем требованиям международных стандартов в области охраны труда.

Основная задача по созданию здоровых и безопасных условий труда и защите окружающей природной среды возложена на администрацию предприятия и инженерные кадры, которые обязаны выявлять и предупреждать, ограничивать или устранять опасные и вредные факторы производства, решать вопросы гуманизации техники, технологии и организации труда, нормализации санитарно-гигиенических параметров производственной среды, эргономичности помещений и рабочих мест, организации санитарно-бытового обслуживания работающих.

Главными атрибутами рабочего места исследователя являются: лабораторный стенд, состоящий из установки теплового излучения и вакуумного агрегата. После монтажа оборудования, работа преимущественно сидячая.

Для эффективного выполнения заданной задачи необходима организация рабочего места, которая согласно [24] включает три направления: оснащение, обслуживание и планировку рабочих мест.

Оснащение рабочего места – система укомплектования рабочего места основными технологическим и вспомогательным оборудованием, технологической и организационной оснасткой в количестве, необходимом и достаточном для эффективного и качественного выполнения поставленной задачи.

Обслуживание рабочих мест – система регламентированного обеспечения рабочего места инструментом и предметами труда, электроэнергией и всеми видами услуг в количестве, необходимом и достаточном для поддержания непрерывности и заданной интенсивности процесса.

Планировка рабочего места – размещение оборудования, элементов оснастки, предметов труда и рабочего места с учетом оптимальных зон досягаемости

при работе. Рациональная планировка рабочего места обеспечивает удобную рабочую позу, исключает ненужное перемещение и лишние движения, снижает утомляемость, а так же сокращает потери рабочего времени.

При организации рабочего места в лаборатории должны быть соблюдены следующие основные условия:

1. Достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения;
2. Правильное естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач;
3. Соблюдение нормированного микроклимата помещения;
4. Уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения.

Каждый работник имеет право [25] на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- профессиональную переподготовку за счет средств работодателя в случае ликвидации рабочего места вследствие нарушения требований охраны труда;
- внеочередной медицинский осмотр (обследование) в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра (обследования);

					ФЮРА.XXXXXXX.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

- компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными условиями труда. [25]
- на работах с особо вредными условиями труда предоставляется бесплатно по установленным нормам лечебно-профилактическое питание.

10.3. Экологическая безопасность

Экологической безопасностью называется допустимый уровень негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

В данном случае, работа в лаборатории и проведение эксперимента на имеющейся установке не оказывает существенного воздействия на атмосферу или гидросферу Земли. Твердые бытовые отходы идут на утилизацию на специальных полигонах. Установка –Металл по истечении срока службы может быть отправлена на переработку.

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во время проведения эксперимента электрический ток от источника нагревает электрические нагреватели, выполненные из нихромовой проволоки, тем самым нагревая трубку теплообменную. Это может привести к возгоранию электропроводки или расплавлению труб теплообменника, если не контролировать напряжение, поступающее в контур. Кроме того, бывают также случаи утечки электричества в точках соединения проводов, сильные электрические выбросы из-за недостаточной изоляции. Но наиболее вероятный вид ЧС - это пожар на опытном участке.

Меры пожарной безопасности в лаборатории

Противопожарная защита - это найти наиболее эффективные, экономичные и технически осуществимые методы и средства предотвращения и тушения пожаров, ликвидировать огонь с наименьшим уровнем ущерба,

					ФЮРА.XXXXXXX.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

использовать наиболее разумные. технические силы и средства пожаротушения.

Согласно НПБ 105-03 «Определение предметов помещений, зданий и наружных установок на взрывоопасность и пожароопасность» [13] лаборатория взрывопожарной защиты относится к категории Б. Это связано с наличием легковоспламеняющихся жидкостей и твердых материалов.

Для предотвращения возникновения пожара используются следующие меры: Строительно-планировочные; Технические; Организационные.

Планировочные и строительные мероприятия определяются огнестойкостью домов и сооружений (выбор строительных материалов: горючие, негорючие, негорючие), а предел огнестойкости - это период времени, в течение которого конструкционная нагрузка не нарушается под воздействием огня до появления первая трещина.

Технические мероприятия заключаются в соблюдении норм пожарной безопасности при эвакуации систем вентиляции, отопления, освещения, электроснабжения, а также использовании различных систем защиты, соответствующих параметрам технологических процессов и режимам работы оборудования.

Организационные мероприятия - обучение персонала вопросам пожарной безопасности, соблюдению мер пожарной безопасности.

Использование средств пожаротушения. Выбор типа и количества огнетушителей, необходимых в защищаемой зоне, должен производиться в зависимости от мощности пожаротушения, их максимальной площади, а также степени возгорания горючих веществ и материалов. , Исходя из этого и ориентируясь на НПБ-105-03, было принято решение использовать углекислотный огнетушитель ОУ-5 в количестве двух штук.

Выводы по разделу

Работа инженера в лаборатории при измерения теплопроводности металла сталкивается с вредными и опасными факторами. Примерами

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

являются механические факторы, повышенное электромагнитное излучение, недостаточное освещение, шумовые эффекты и опасность поражения электрическим током. Бывают и чрезвычайные ситуации, например возгорание в опытном участке из-за нагрева трубы теплообменника при высокой температуре. Для контроля и обеспечения безопасности персонала от этого фактора предусмотрено большое количество мер, обеспечение СИЗ, убеждение, что в комнате всегда естественное освещение, применение меры по защите окружающей среды в лаборатории и т.д.

В рамках лаборатории меры безопасности для инженеров и снижение опасных и токсичных факторов реализуются относительно просто. Наряду с хорошо организованным рабочим местом помогает проводить исследования наилучшим образом.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

11. АВТОМАТИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

11.1 Описание системы регулирования температуры

Целью данного раздела является разработка структурной и функциональной схем системы регулирования температуры для экспериментальной установки по измерению коэффициента теплопроводности твердых и сыпучих материалов методом цилиндрического слоя, выбор требуемого оборудования и составление заказной спецификации.

11.2 Выбор технических средств для реализации систем контроля

В качестве регулируемого параметра в установке по измерению коэффициента теплопроводности выступает температура нагрева в печи. Постоянство температуры необходимо для обеспечения стационарных условий проведения эксперимента.

Наиболее простой и легко реализуемой схемой автоматического регулирования является одноконтурная схема. Такая схема АСР для случая регулирования температуры в печи представлена на рисунке 12.

Температура в печи измеряется двумя термопарами, которые расположены на некотором удалении от нагревателя.

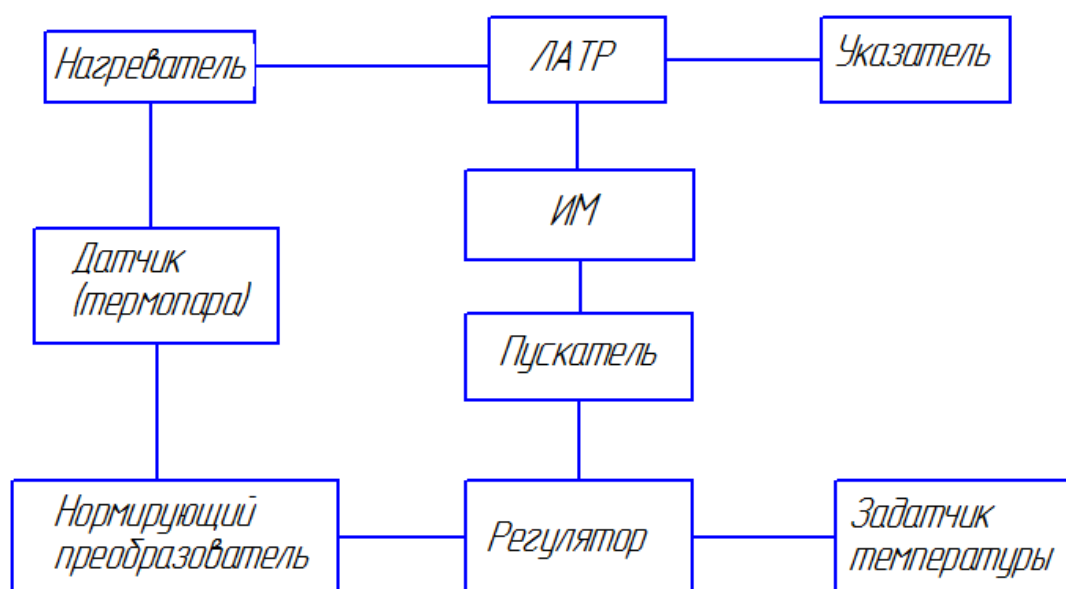


Рисунок 12 – Блок-схема автоматического поддержания температуры в установке.

11.3. Выбор технических средств автоматизации и контроля

Сигнал с термопар поступает либо на нормирующий преобразователь, либо непосредственно на регулятор в случае, если регулятор может работать непосредственно с первичным сигналом от первичного преобразователя. Необходимая температура нагрева задается через задатчик, который связан с регулятором.

Регулятор работает по принципу сравнения, сравнивая значения сигнала с термопар и сигнала с задатчика.

При возникновении сигнала рассогласования регулятор формирует управляющее воздействие для изменения температуры в нужную сторону. Пускатель, усилив управляющий сигнал, приводит в действие электродвигатель, который приводит в движение исполнительный механизм (ИМ) – движок реостата на лабораторном автотрансформаторе (ЛАТР). Реостат меняет выходное напряжение ЛАТРа, тем самым регулируя напряжение, подаваемое на нагревательный элемент печи. В зависимости от напряжения на нагревателе, в печи будет устанавливаться та или иная температура.

В схеме также может присутствовать блок ручного управления (БРУ), назначением которого является переключение цепей управления исполнительным механизмом. Например, в случае отказа регулятора, схема управления может быть переключена с автоматического на дистанционное (ручное) управления с БРУ.

Движок реохорда ЛАТРа снабжен указателем положения, по которому можно узнать выходное напряжение, подаваемое на нагревательный элемент.

На основе изложенного материала была составлена схема и заказная спецификация приборов и средств автоматизации, необходимых для реализации схемы АСР.

11.4. Разработка схемы автоматизации

Температура в печи измеряется преобразователями температуры *1а, 2а*. Преобразование естественного сигнала от термопар осуществляется с помощью нормирующих преобразователей *1б, 2б*. Вывод показаний текущего значения температуры оператору осуществляется с помощью показывающего прибора *1в*. Сигнал о текущих значениях температуры поступает к регулятору *4а*, куда также подается сигнал задания от задатчика *3а*. Регулятор через блок ручного управления *4б* передает сигнал регулирования к пусковому устройству *4в*, который приводит в действие исполнительный механизм *4в*. В схеме предусмотрена обратная связь по положению вала исполнительного механизма с помощью указателя положения *5а*.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении дипломного проекта была изучена теория метода стационарной задачи теплопроводности для тела в форме пластины нагреваемой до высоких температур. На основании теории был разработан лабораторный стенд, который будет использоваться в научно – исследовательских работах при исследовании теплофизических свойств твердых тел.

В рамках данного дипломного проекта

1. Была разработана принципиальная схема лабораторной установки, сконструирована вакуумная камера и создана 3D модель установки.
2. Построен сетевой график выполнения работ по проектированию, изготовлению и сборке лабораторного стенда.
3. Спроектирована схема автоматического управления температурой оптической печи.
4. Рассмотрены вопросы: производственная, пожарная и электробезопасность при выполнении работ на установке. Рассчитано освещение в лабораторном помещении и уровень шума при работе оборудования.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Научное приборостроение / Платунов Е.С., Баранов И.В., Платунов А.Е. / Научное приборостроение - 2003 - том 13, № 3 - С. 19-24.
2. Способ определения теплофизических характеристик плоских образцов для его осуществления / Т.Г. Грищенко, Л.В. Декуша, О.А. Геращенко и др. / Институт технической теплофизики АН УССР - 1983 – с. 7.
3. Экспериментальное исследование процессов теплообмена: Учеб. пособие для вузов / Осипова В.А. и др. / М.: Энергия – 1979 – 3-е изд. с. 35-36
4. Методы определения теплопроводности конденсированных сред: учебное пособие / Заворин А.С., Кузьмин А.В., Раков Ю.Я. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 184 с.
5. О.А. Геращенко, В.Г. Федоров, Тепловые и температурные измерения. Справочное руководство. Наукова. Думка, Киев, 1965, 304 с
6. 2. Х.И. Амирханов, АН АзССР, 12, 3-22 (1946).
7. 3. Левченко В.И. Многоэлектродный вакуумный ввод // Приборы и техника эксперимента, 1994 - №4 – с. 92-95.
8. Данилин Б. С., Минайчев В. Е. Основы конструирования вакуумных систем. Под редакцией Нилендера Р. А. М., «Энергия», 1971, 392 с.
9. Пошехонов П.В., Соколовский Э.И. Тепловой расчет электронных приборов. Учебное пособие для специальности «Электронные приборы». М.: Высшая школа, 1977 – 156 с.
10. Насосы вакуумные пластинчато – роторные типа ЗНВР – 1Д; ЗНВР -1ДУ. Паспорт. ЩПО 296. 295 ПС
11. Насос высокотемпературный паромасляного типа Н-05С. Паспорт.

					ФЮРА.ХХХХХХ.001 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

12. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
13. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
15. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
16. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
17. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
18. ГОСТ 12.1.033-81 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения»;
19. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
20. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума;
21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
22. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
23. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека.

