

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Экспериментальное определение тепловых потерь теплопроводов при применении сверхтонкой тепловой изоляции

УДК 622.691.4.013:687.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Попов Илья Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Половников Вячеслав Юрьевич	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код резу- ль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать

	опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ

Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника

Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ТПТ

_____ Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группы	ФИО
5Б2Б	Попову Илье Алексеевичу

Тема работы:

Экспериментальное определение тепловых потерь теплопроводов при применении сверхтонкой тепловой изоляции	
Утверждена приказом ректора (дата, номер)	2540/с от 01.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10 июня 2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования;
производительность или нагрузка; режим работы
(непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид
сырья или материал изделия; требования к продукту,
изделию или процессу; особые требования к особенностям
функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в
плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую
среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объект исследования – тонкопленочный теплоизоляционный материал – «Корунд», наносится на экспериментальный трубопровод и подвергается равномерному нагреву при воздействии на него электрического тока. Изменение температуры поверхности трубопровода осуществляется с помощью изменения напряжения на коллекторах источника питания.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	– обзор литературы по определению коэффициента теплопроводности теплоизоляционного слоя ; – разработка лабораторного стенда по определению коэффициентов теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала; – проведение экспериментов по определению коэффициентов теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала; – обработка результатов экспериментов, анализ погрешностей.
--	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>

Раздел	Консультант
Основной раздел	Половников В.Ю.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова С.Н.
Социальная ответственность	Дашковский А.Г

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

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Половников В.Ю.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Попов И.А.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ с., 7 рис., 21 табл., 36 источников, _____ прил.

Ключевые слова: тепловые сети, тепловые потери, теплоперенос, теплопроводность, экспериментальный стенд.

Объектом исследования является тонкопленочный теплоизоляционный материал торговой марки – «Корунд»,

Цель работы – Анализ тепловых потерь и исследование теплотехнических характеристик тонкопленочного теплоизоляционного материала торговой марки «Корунд».

В результате исследования были найдены коэффициенты теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала при различных температурах поверхности ТЭНа.

Оглавление

Введение	8
1 Современные методы повышения эффективности систем централизованного теплоснабжения	10
1.1. Применение поверхностно-активных веществ в системе централизованного теплоснабжения.	10
1.2. Обзор используемой в тепловой промышленности теплоизоляционных материалов	15
1.2.1. Пенополиуретан.	15
1.2.2. Пеностекло	16
1.2.3. Тонкопленочное теплоизоляционное покрытие.	20
1.2.4. Опыт применения жидкого керамического теплоизоляционного покрытия.	23
2. Современные подходы к анализу теплопотерь в тепловых сетях	25
2.1 Расчетный метод определения тепловых потерь в тепловых сетях.	25
2.2. Экспериментальный метод определения тепловых потерь трубопроводов при использовании тонкопленочной тепловой изоляции.	28
3. Экспериментальное определение тепловых потерь и коэффициента теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала.	31
3.1. Результаты экспериментального исследования.	32
3.2. Расчет коэффициента теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала.	33
3.3 Обработка полученных результатов эксперимента.....	36
Заключение	50

Введение

Тепловые сети в России характеризуются высокими потерями тепла, которые составляют 20 - 35 % от отпускаемой теплоты у конечных потребителей, из них в магистральных сетях - 5 - 7%, что в несколько раз превышает аналогичный показатель в странах Западной Европы с хорошо развитыми системами теплоснабжения (потери в сетях в этом случае составляют 2 - 10%) [1]. Низкое качество их эксплуатации приводит к повышенному уровню потерь по сравнению с нормативными еще на 5 - 35 %. Износ тепловых сетей составляет по отдельным муниципальным образованиям и поселениям 30 - 87%. Теплоизоляция трубопроводов систем теплоснабжения производится с целью снизить теплопотери и сделать систему в целом более экономичной. Из-за особенностей структуры (открытой пористости) и низкого качества применяемых материалов теплозащитные свойства традиционных теплоизоляционных конструкций в процессе эксплуатации резко снижаются, что приводит к потерям теплоты, в 2-3 раза превышающим нормативные. Решение этого вопроса связано с использованием качественных теплоизоляционных материалов.

Главными задачами усовершенствования тепловой энергетики являются:

- 1) введение в теплоэнергетическую отрасль инновационных технологий, современное промышленное оборудование и улучшение качества систем теплоснабжения;

- 2) уменьшение тепловых потерь при передаче теплоносителя, которые достигают около 35% (и больше) общего теплового потребления.

Способы достижения поставленных задач:

- 1) уменьшения расстояния от источника тепловой энергии до конечного потребителя;

- 2) применение высокоэффективных, современных теплоизоляционных материалов.

Одним из перспективных видов теплоизоляционных материалов является тонкопленочная тепловая изоляция, представляющая из себя многокомпонентную однородную жидкую массу, которая наносится на поверхности любой формы с помощью кисти или краскопульта. После высыхания образует эластичное твердое покрытие с теплоизолирующими свойствами.

Актуальность работы. Исследование фактических характеристик новых видов теплоизоляционных материалов в различных условиях эксплуатации является неотъемлемой частью работ при разработке энергосберегающих мероприятий, направленных на снижение общего уровня тепловых потерь в сетях теплоснабжения.

Объектом исследования является теплоизоляционный материал марки «Корунд».

Предметом исследования является определение коэффициента теплопроводности жидкой тонкопленочной теплоизоляции.

Практическая новизна. Исследуемый вид теплоизоляции является новым материалом применяемый для снижения тепловых потерь трубопровода.

Практическая значимость результатов. Проведенные эксперименты показали, что исследуемый теплоизоляционный материал можно использовать в промышленности для снижения тепловых потерь трубопроводов и оборудования различного назначения.

Достоверность полученных результатов подтверждается оценками систематических и случайных ошибок, выполненных при проведении экспериментов, системой повторяемости опытов при фиксированных значениях основных параметров.

Цель работы. Анализ тепловых потерь и исследование теплотехнических характеристик тонкопленочного теплоизоляционного материала торговой марки «Корунд».

1 Современные методы повышения эффективности систем централизованного теплоснабжения

1.1. Применение поверхностно-активных веществ в системе централизованного теплоснабжения.

Большая часть систем теплоснабжения России находится в состоянии, не соответствующем расчетным показателям [2]. Износ магистральных и разводящих сетей составляет в среднем 45%. Около 70% установленного оборудования давно уже физически и морально устарело, состояние более половины объектов теплоснабжения требует замены оборудования по причине предельной его изношенности, не менее 15% находится в аварийном состоянии [3]. Проблемы энерго- и ресурсосбережения в системах теплоснабжения связаны с различными причинами, в числе которых, прежде всего, износ поверхностей оборудования по причине коррозионного разрушения и образования отложений. Наличие отложений значительно ухудшает теплообмен как в отопительных приборах (радиаторах и конвекторах), так и в теплогенерирующем оборудовании источников систем теплоснабжения (ТЭЦ, котельных и т. д.), снижает пропускную способность трубопроводов, уменьшает надежность эксплуатации оборудования, приводит к пережогу топлива. Коррозионные повреждения, обусловленные, прежде всего, наличием в теплоносителе кислорода, углекислоты и других агрессивных элементов и соединений (хлориды, сульфаты и т. д.), значительно снижают срок службы теплообменного оборудования и трубопроводов («свищи», разрывы трубопроводов, неплотности и др.) [4].

Коррозия внутри теплопровода в последние годы стала важной проблемой, определяющей долговечность систем теплоснабжения. Таким образом, конечной целью мероприятий по улучшению ресурсоэффективности, надежности трубопроводов работающих в Российских системах теплового снабжения на данном этапе является

восстановление и последующее улучшение проектных термогидравлических характеристик, а также многократное повышение антикоррозионной стойкости оборудования.

Системы централизованного теплоснабжения характеризуются рядом особенностей, таких как: разветвленность, большая протяженность, разнообразие номенклатуры используемого оборудования [5,6]. Указанная комплексная технология, базирующаяся на модификации свойств функциональных поверхностей трубопроводов и теплоэнергетического оборудования (ПАВ-технология), зарекомендовала себя как способ, позволяющий повысить характеристики оборудования на каждом этапе выработки и передачи тепловой энергии от источника до конечного потребителя для разных систем теплового снабжения и разных типов эксплуатируемого оборудования.

Модификация свойств внутренних поверхностей трубопроводов и оборудования при реализации ПАВ-технологии осуществляется посредством образования на металлических поверхностях упорядоченных молекулярных слоев поверхностно-активных веществ толщиной $0,01 \div 100$ мкм. В результате создания защитных слоев, происходит снижение электрического потенциала внутренней поверхности, поэтому скорость образования коррозии значительно снижается. Эти слои кардинально снижают скорость формирования отложений и, что очень важно, накопление отложений препятствуется в будущем, вследствие снижения их сцепляемости с внутренней поверхностью [7].

При осуществлении способа для систем отопления зданий на первом этапе обеспечиваются условия для попадания молекул ПАВ в микропоры отложений, разрыхления и отслаивания их в виде мелкодисперсного шлама (рис.1). Такая технология позволяет высокоэффективно устранять рыхлые отложения и коррозию без ущерба для защитных оксидных пленок, что практически всегда протекает при использовании химически-активных промывок. На втором этапе производится образование на очищенных

поверхностях молекулярной пленки ПАВ, обеспечивающей значительное уменьшение скорости формирования коррозии и скапливание отложений в период работы и простоя системы теплоснабжения.

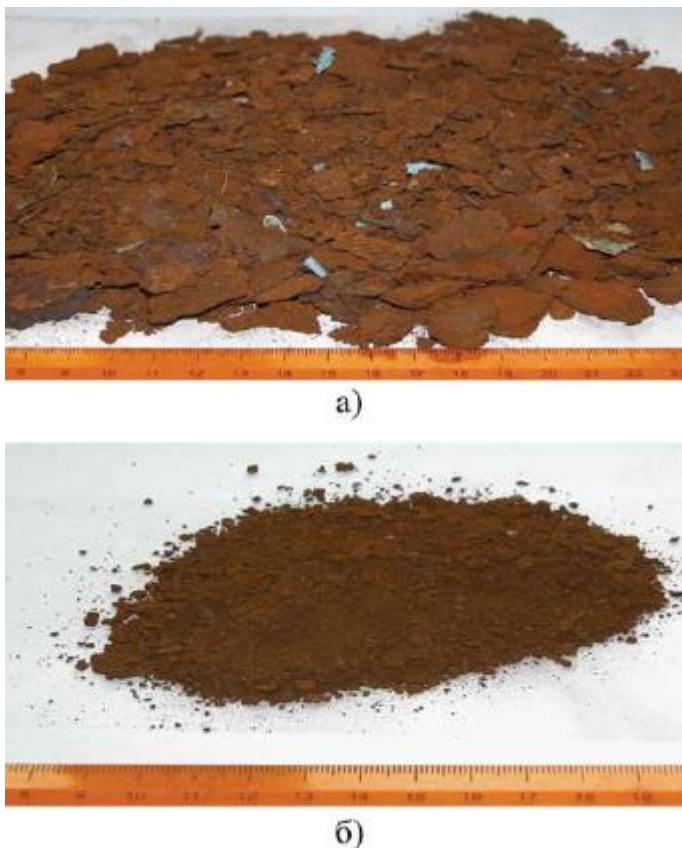


Рисунок 1. Дисперсность шлама:

(а) после механической очистки, (б) при очистке с использованием ПАВ-технологии

Выявлено, что после реализации ПАВ-технологии произошло:

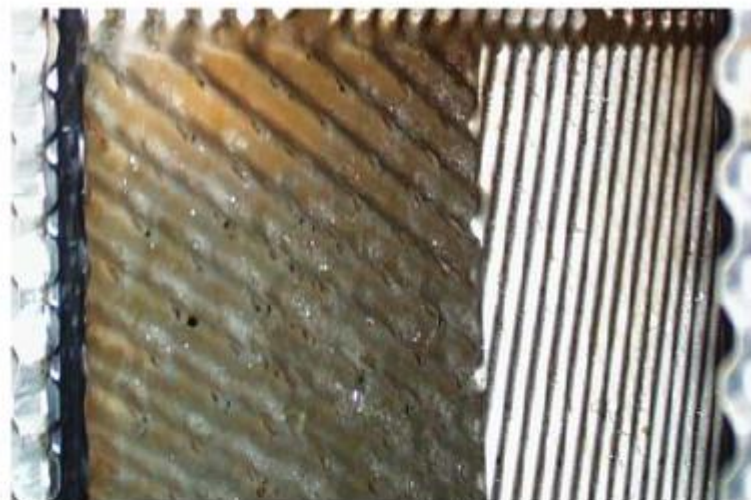
- уравнивание температурных полей приборов отопления и повышение средних температур на поверхностях на $2\div 10^{\circ}\text{C}$;
- возобновление температурного графика отопительного контура и, как следствие, уменьшение температуры сетевой воды в обратном трубопроводе.

Полученные данные свидетельствуют о повышении качества теплоснабжения, т. е. создании более комфортных условий в отапливаемых помещениях, улучшении экономических показателей работы системы

отопления. Уникальность ПАВ-технологии позволяет использовать ее не только для повышения техникоэкономических показателей работы трубопроводов и оборудования систем теплоснабжения, но и для улучшения качества теплоносителя. Сформированная в процессе реализации ПАВ-технологии пленка практически полностью предотвращает проникновение к металлическим поверхностям коррозионно-активных соединений, в результате чего блокируются коррозионные процессы и существенно снижается количество продуктов коррозии в теплоносителе, что особенно актуально для качества теплоносителя открытых систем теплоснабжения.[]

В период работы теплового оборудования на теплообменных поверхностях формируются и скапливаются продукты коррозии и отложений, которые негативно влияют на эффективность (уменьшается коэффициент теплопередачи) и надежность (уменьшается пропускная способность и производительность) работы теплооборудования. При осуществлении ПАВ-технологии на поверхностях пластинчатых и кожухотрубчатых теплообменных аппаратах образуются тонкие поверхностные слои соединений, которые препятствуют образованию коррозии и в несколько раз уменьшают интенсивность формирования отложений в теплообменниках. Одним из основных факторов, определяющих возможность применения ПАВ-технологии в реальных условиях, является термическая и гидромеханическая устойчивость сформированных на функциональных поверхностях оборудования молекулярных слоев ПАВ. На практике, при применении ПАВ-технологии в системах теплового снабжения в разных деталях теплооборудования (бойлеры, магистральные и разводящие трубопроводы, тепловые приборы, насосы, арматура) оболочка ПАВтехнологии прочна и не подвергается разрушению, по крайней мере, в течение 3 лет, что доказывается прямым замером удельной сорбции ПАВ, а также степенью гидрофобности поверхности. В качестве иллюстрации на рисунке 2 представлены снимки поверхностей эксплуатируемых пластинчатых теплообменных аппаратов до и после использования ПАВ-

технологий. Бесспорно, что на поверхностях с молекулярным слоем ПАВ практически нет отложений даже после 3 лет работы теплообменника.



а)



б)

Рисунок 2. Фотографии поверхностей пластинчатых теплообменников:

(а) до использования технологии (б) через 3 года эксплуатации после применения ПАВ-технологии

По отношению к магистральным трубопроводам важную роль играет свойство ПАВ-технологии, заключающееся в уменьшении гидравлического сопротивления тепловых сетей и, соответственно, ведущее к снижению издержек на энергию, приводящую сетевые насосы к прокачке теплоносителя или к улучшению пропускной способности при той же производительности. Это обстоятельство особенно важно для отечественных

централизованных систем теплоснабжения, которые характеризуются существенной изношенностью.

1.2. Обзор используемой в тепловой промышленности теплоизоляционных материалов

1.2.1. Пенополиуретан.

Пенополиуретан представляет собой систему замкнутых герметичных пор, которые заполнены диоксидом углерода [8]. Процесс приготовления материала представляет собой заполнение полимерного рукава диоксидом углерода, после чего рукав заваривается с образованием полусфер. После получения газонаполненной пленки ее можно применять как готовый материал для теплоизоляции трубопроводов [9]. В зависимости от диаметра трубопровода и от температуры теплоносителя на трубопровод наносится нужное количество слоев теплоизоляции (рисунок 3).

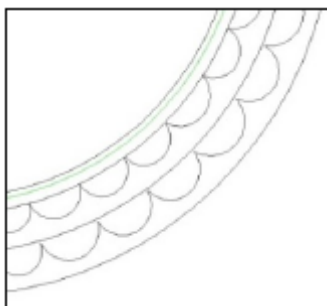


Рисунок 3. Схема нанесения слоистой теплоизоляции на трубу.

Благодаря герметичности каждой полусферы вся система пор устойчива к повреждениям. Слоистая теплоизоляция имеет закрытую ячеистую структуру, что обеспечивает высокую степень сопротивления к проникновению влаги (рисунок 4).

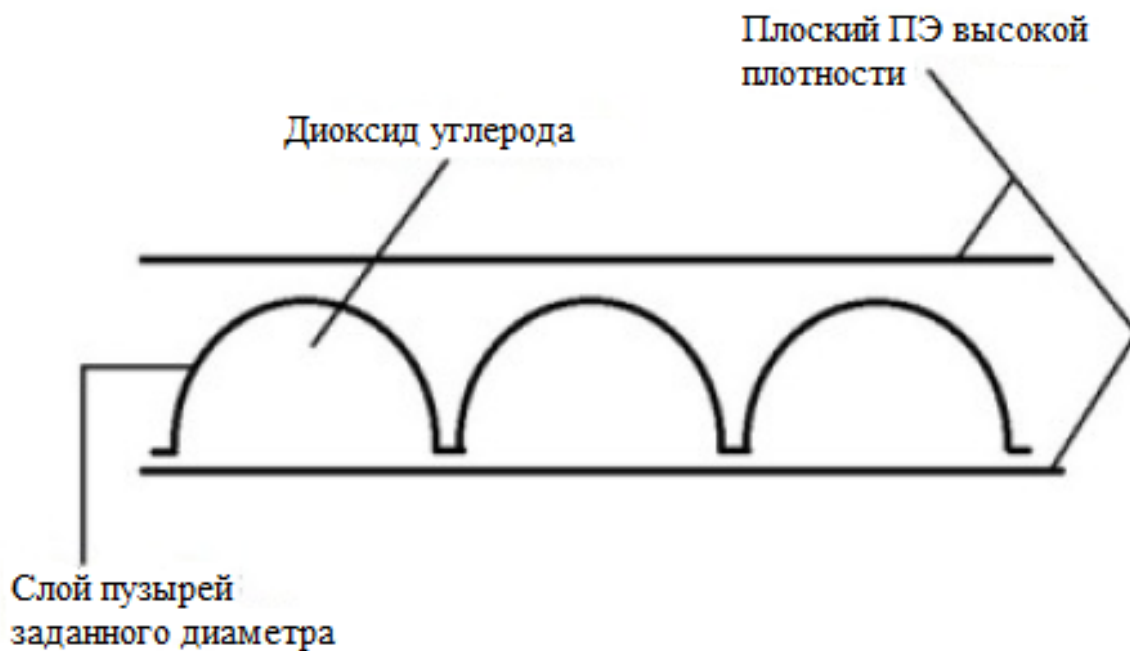


Рисунок 4. Схематичное изображение слоистой теплоизоляции.

1.2.2. Пеностекло

Пеностекло – высокоэффективный и технологичный, хотя и дорогой материал, позволяет не только не повысить начальную цену всего объекта, но и сэкономить значительные средства при последующей его эксплуатации за счет применения в меньших объемах (рисунок) [10]. Сравнительная характеристика свойств различных теплоизоляционных материалов представлена в таблице 1[11].

Таблица 1. Свойства различных утеплителей[10].

Характеристика	Пенополистирол	Плиты из минваты	Керамзит	Газобетон	Пеностекло
Плотность, кг/м ³	20-150	50-350	210-450	300-800	100-500
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,038-0,06	0,04-0,064	0,21-0,23	0,13-0,4	0,045-0,07
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,05	0,38-0,60	0,21	0,23	0,001-0,005
Водопоглощение, %	0,5-6	Поглощает воду	5-15	5-20	Не более 5
Влажность материала, %	1-10	2-5	-	8-14	1-2
Необходимость в паро-гидроизоляции	Не требует	Обязательно			Не требует
Стабильность размеров	Дает усадку	Удовлетворительная		Удовлетворительная	Отличная
Прочность на сжатие, Мпа	0,05-1,0	0,04-0,15	0,4-5	0,4-3	0,7-5
Максимальная температура кратковременного нагрева, °С	100	250	-	450	750
Верхний температурный интервал эксплуатации, °С	80	200	-	400	600

Чтобы сохранять свою тепловую эффективность и теплоизоляционную способность, утеплитель должен оставаться сухим [12]. Попадание воды или конденсация пара в нем снижает теплоизоляционные свойства практически до нуля [13]. Пеностекло обладает минимальной паропроницаемостью, водопоглощением и влажностью. Это означает, что опасность конденсации пара внутри пеностекла по сравнению с другими утеплителями исключена. По этой причине теплоизоляционные свойства

пеностекла остаются неизменными. Стабильными для пеностекла остаются его геометрические размеры и отсутствие коррозии. Кроме того, пеностекло обладает достаточной прочностью и наиболее широким температурным диапазоном эксплуатации [14]. Это позволяет использовать пеностекло для возведения наиболее ответственных конструкций, в том числе огнезащитных. Пеностекло прекрасно сочетается с известными строительными материалами, и как жесткий, имеющий прекрасную адгезию материал может быть легко смонтировано при использовании стандартных мастик и штукатурок [15].

Пеностекло – **экологически безопасный** утеплитель, так как он полностью состоит из неорганического стекла. Для жизнедеятельности человека очень важны следующие виды безопасности, которые обеспечивает пеностекло:

- **химическая безопасность**, так как не выделяет в воздух помещений никаких вредных веществ и обладает высокой химической устойчивостью;
- **физическая безопасность**, т.к. стекло является диэлектриком и не накапливает зарядов статического электричества, не проводит шума и инфразвук, не экранирует магнитное поле Земли, не является источником мелких волокон и пыли;
- **биологическая безопасность**, так как не способствует росту грибковых колоний и развитию болезнетворных бактерий, устойчиво к грызунам и насекомым;
- **пожарная безопасность**, так как представляет собой на 100 % неорганический материал, поэтому может использоваться и в деревянном домостроении;
- **механическая безопасность**, так как оно не разрушается в процессе эксплуатации от воздействия влаги, мороза, вибраций и прочих воздействий (прочность пеностекла в процессе эксплуатации не изменяется).

– **экологическая безопасность**, так как в конце срока своей службы он не загрязняет окружающую среду и имеет массу вариантов по его переработке[16,17].

Таблица 2. Физико-химические свойства пеностекла[18].

Свойства\Вид пеностекла	Изоляционно-строительное	Изоляционно-монтажное	Бесщелочное	Высококремнезистое	Влагозащитное
Плотность, кг/м ³	160-250	130-160	350-500	500-800	140-180
Теплопроводность, Вт/м·К	0,07-0,087	0,058-0,07	0,93-0,122	0,127-0,209	0,06-0,07
Прочность, Мпа	0,8-2,0	0,5-0,8	3-5	5-12	1,2-2,5
Водопоглощение	Данные отсутствуют		5	2	0,5-0,95
Максимальная температура эксплуатации, °С	До 600	До 600	До 600	До 800	До 600

Единственным показателем, по которому пеностекло уступает другим теплоизоляционным материалам является стоимость его кубометра [18]. На цену может влиять метод подготовки исходного стекла: стеклобой или стеклогранулят, полученный в стекловаренной печи. В качестве исходного сырья обычно используют стеклогранулят как продукт стекловарения, или стеклобой, но одного химического состава (любые добавки стеклобоя другого состава должны быть предварительно исследованы). В последние годы получают пеностекло на основе аморфных горных пород: диатомита, перлита, цеолита и др. На основе диатомита получается частично закристаллизованный материал, который получил название «Пеноситал» [19].

1.2.3. Тонкопленочное теплоизоляционное покрытие.

Одним из высокоэффективных теплоизоляционных материалов, которые в настоящее время все больше находят свое применение не только в строительстве, но и в сфере систем теплоснабжения, является жидкая тонкопленочная теплоизоляция. Жидкое тонкопленочное теплоизоляционное покрытие представляет собой жидкую композицию на водной основе. Теплоизоляционный материал состоит из микроскопических стеклянных вакуумированных сфер и связующего материала (акриловый полимер). Соотношение связующего материала и вакуумированных сфер составляет 20/80% . В связующем материале раздроблены полые микросферы (стеклянные). Размеры микросфер составляют от 0,015 да 0,5 мм. Низкая теплопроводность теплоизоляции снижает тепловой поток в среде материала, что приводит к уменьшению тепловпотерь и следовательно снижению затрат на обслуживание технического агрегата. Теплоизоляционный материал «Корунд» представляет собой композицию белого цвета, которую наносят на разные типы поверхностей такие как: металл, картон, бетон, кирпич, дерево и многие другие. После того как материал высыхает образуется эластичное покрытие, готовое к использованию.

Рекламируемые микросферы отличаются природой происхождения. Условно их можно разделить на два типа. Первый тип – это микросферы, полученные в процессе сжигания измельченных частиц угля (в частности, на электростанциях). Микросферы второго типа получают в процессе переохлаждения специально приготовленных расплавов стекла, так называемой фритты [20].

При сгорании измельченных частиц угля примеси оксида алюминия, кремния и прочих элементов, присутствующих в природном каменном угле, под воздействием высокой температуры образуют сложные силикаты. В связи с присутствием в расплавленных силикатах газов происходит раздувание микрокапель расплава в полые алюмосиликатные шарики.

Основные достоинства тонкопленочных теплоизоляционных материалов состоит в следующем [21]:

- снижение теплопотерь и повышение антикоррозийной стойкости;
- на поверхности нанесения не образуется конденсат;
- возможность нанесения материала на сложные поверхности;
- минимальный вес, следовательно, минимальная нагрузка на несущие конструкции;
- предотвращение разрушения металла и конструкций из-за разности температур;
- так как, теплоизоляционный материал наносится прямо на поверхность нагрева, то нет необходимости проведения технического осмотра изолированного слоя от повреждений с прекращением работы того или иного техузла;
- устойчив к разрушению под воздействием ультрафиолетового излучения;
- снижение трудозатрат, благодаря простому способу нанесения теплоизоляционного материала на требуемую поверхность (легко и быстро наносится кистью, аппаратом безвоздушного нанесения);
- просто отремонтировать и восстановить разрушения теплоизолированного покрытия;
- теплоизоляционный материал не подвергается горению при температуре 260°C, обугливается при 800 °C, разлагается с выделением CO и NO, что способствует замедлению распространения пламени;
- абсолютно безопасен, с экологической точки зрения , нетоксичен, содержание вредных летучих органических соединений минимально;
- способность противостоять химическим реакциям с сильными щелочами;
- водородный показатель (pH) 8,5 – 9,5;
- материал готов к использованию уже через 24 часа;
- расчетная теплопроводность при 20 °C 0,0012Вт/м °C [19]

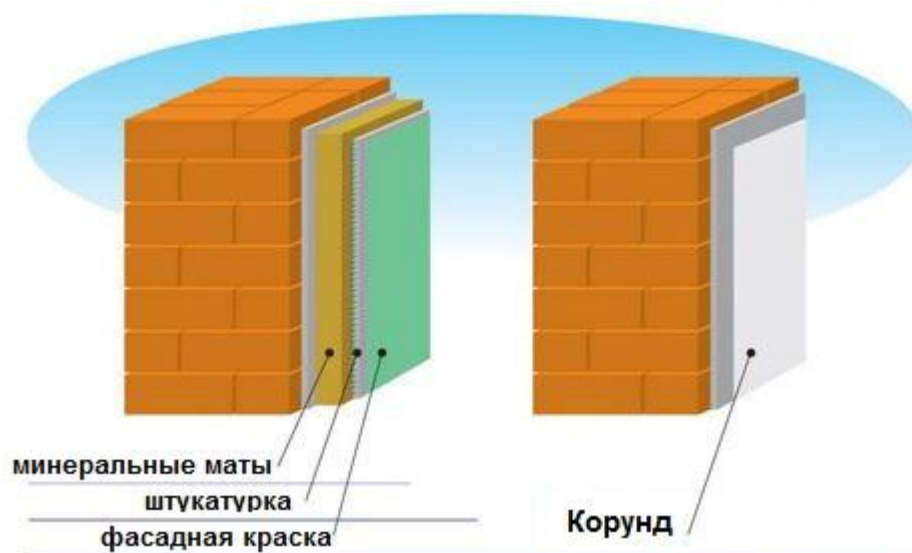


Рисунок 5. Схема нанесения традиционной теплоизоляции и жидкой тонкопленочной изоляции «Корунд» на здание.

Преимущества тонкопленочного теплоизоляционного материала перед традиционными (по мнению производителей) заключается в следующем[22]:

- один миллиметр материала равен пяти-семи сантиметрам слоя минеральной ваты
- способ нанесения аналогичен окрашиванию
- не подвергается вредным воздействиям грибков и другими растительностями
- невозможно украсть
- отпугивание насекомых
- долговечность использования без вмешательства человеческого фактора
- не образуется вредная пыль

1.2.4. Опыт применения жидкого керамического теплоизоляционного покрытия.

На ОАО «ТЭЦ – Северная » в г. Астрахани по рекомендациям специалистов фирмы-производителя теплоизоляции были проведены работы по нанесению жидкой керамической изоляции (ЖКИ) на различные теплонапряженные поверхности (трубопроводы и коллекторы горячей воды , трубопроводы в помещениях котельной , выпускные трубы и т.д.). Результаты экспериментальных исследований показали следующие результаты:

- не проявляются указанные фирмой-производителем свойства снижения температуры поверхности при нанесении ЖКИ;
- традиционное изолирование минеральной ватой дает более хороший результат по снижению температуры на поверхности трубопроводов, и тем самым ведет к снижению тепловых потерь.

Так, например, температура на поверхности обратного трубопровода диаметром 500 мм без изоляции составила 59.4 °С , а изолированного ЖКИ (толщина слоя – 2 мм) – 53,5°С (при температуре окружающего воздуха 18°С). Расчеты показывают, что значение теплопроводности изоляции фирмой-производителем занижены примерно на порядок, а при реальных значениях теплопроводности рекомендуемая толщина ЖКИ (2 мм) уже не позволяет уже не позволяет уложиться в нормативы СНиП (теплотери выше в несколько раз).

Таким образом , на основе натурных испытаний и тепловых расчетов удельных тепловых потерь сетей «ТЭЦ-Северная», в работе показаны несовпадения в заявленных характеристиках ЖКИ фирмами-производителями с тем, что на самом деле может обеспечить данный вид теплоизоляции. Поэтому, по мнению авторов, к вопросу выбора того или

иного вида теплоизоляции необходимо подходить с учетом реальных показателей внимательно и всесторонне [23].

2. Современные подходы к анализу тепловых потерь в тепловых сетях

2.1 Расчетный метод определения тепловых потерь в тепловых сетях.

В задачу теплового расчета входит решение следующих вопросов:

- определение тепловых потерь теплопровода;
- расчет температурного поля вокруг теплопровода, т.е. определение температур изоляции, воздуха в канале, стен канала, грунта;
- расчет падения температуры теплоносителя вдоль теплопровода;
- выбор толщины тепловой изоляции теплопровода.

Тепловые потери сети складываются из двух частей:

- 1) теплотерия участков трубопровода, не имеющих арматуры и фасонных частей, - линейные потери;
- 2) теплотерия фасонных частей, арматуры, опорных конструкций, фланцев и т.д. – местные теплотерии.

Линейные тепловые потери теплопровода :

$$Q_{\text{л}} = ql \text{ ,} \quad (1)$$

где $Q_{\text{л}}$ - линейные теплотерии, Дж/с или ккал/ч; q – удельные тепловые потери, Вт/м или ккал/(ч·м); l – длина теплопровода, м.

Тепловые потери фланцев, фасонных частей и арматуры определяются обычно в эквивалентных длинах трубы того же диаметра:

$$Q_{\text{м}} = ql_{\text{э}} \text{ ,} \quad (2)$$

где $Q_{\text{м}}$ - местные теплотерии, Дж/с или ккал/ч; q – удельные тепловые потери, Вт/м; $l_{\text{э}}$ – эквивалентная длина трубы, м.

Термическое сопротивление слоя.

Выражение для термического сопротивления однородного цилиндрического слоя легко выводится из уравнения Фурье, которое имеет вид:

$$R = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1},$$

(3)

где λ – теплопроводность слоя, d_1, d_2 - внутренний и наружный диаметры слоя.

Для теплового расчета существенное значение имеют только слои с большим термическим сопротивлением. Такими слоями являются тепловая изоляция, стенка канала, массив грунта и т.п. По этим соображениям при тепловом расчете изолированных теплопроводов обычно не учитывается термическое сопротивление металлической стенки рабочей трубы.

Термическое сопротивление цилиндрической поверхности

$$R = \frac{1}{\pi d \alpha}, \quad (4)$$

где πd - площадь поверхности 1 м длины теплопровода, м^2 ; α - коэффициент теплоотдачи от поверхности, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.

Для определения термического сопротивления поверхности теплопровода необходимо знать две величины: диаметр теплопровода и коэффициент теплоотдачи поверхности. Диаметр теплопровода при тепловом расчете является заданным. Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплопровода к окружающему воздуху представляет собой сумму двух слагаемых - коэффициента теплоотдачи излучением $\alpha_{\text{л}}$ коэффициента теплоотдачи конвекцией $\alpha_{\text{к}}$:

$$\alpha = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}} \quad (5)$$

Коэффициента теплоотдачи излучением $\alpha_{\text{л}}$ может быть подсчитан по формуле Стефана-Больцмана:

$$\alpha_{\text{л}} = C \frac{\left(\frac{t + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_0 + 273}{100}\right)^4}{t - t_0}, \quad (6)$$

где C – коэффициент излучения; t – температура излучающей поверхности.

Коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы к воздуху при естественной конвекции, можно определить по формуле Нуссельта:

$$\alpha_k = 1,16^4 \sqrt{(t - t_0) / d}, \quad (7)$$

где d – наружный диаметр теплопровода, м; t, t_0 – температуры поверхности и окружающей среды.

Расчетный метод определения теплотерь в многотрубном теплопроводе.

Если несколько трубопроводов проложены в общем канале, то тепловой поток (тепловые потери) от каждого из них поступают в канал, а затем общий тепловой поток отводится через стенки канала и грунт в наружную среду.

Задача теплового расчета многотрубного теплопровода в канале сводится в первую очередь к нахождению температуры воздуха в канале. Зная температуру воздуха в канале, можно определить теплотерю каждого трубопровода по общим правилам теплового расчета трубопроводов, окруженных воздухом.

Температура воздуха в канале определяется по уравнению теплового баланса. При установившемся тепловом состоянии количество теплоты, подводимой от трубопроводов к воздушной прослойке канала, равно количеству теплоты, отводимой от воздушной прослойки через стенки канала и массив грунта в окружающую среду.

Расчет теплотерь многотрубного бесканального теплопровода может быть проведен по методу, разработанному Е.П. Шубиным. Взаимное влияние соседних труб учитывается условным дополнительным сопротивлением R_0 . При двухтрубном теплопроводе условное дополнительное сопротивление :

$$R_0 = \frac{1}{2\pi\lambda_{ep}} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{b}\right)^2}, \quad (8)$$

где h – глубина заложения оси теплопровода от поверхности земли; b – расстояние по горизонтали между осями труб.

Теплопотери двухтрубного бесканального теплопровода рассчитываются по следующим формулам:

теплопотери первой трубы

$$q_1 = \frac{(\tau_1 - t_0)R_2 - (\tau_2 - t_0)R_0}{R_1R_2 - R_0^2}, \quad (9)$$

теплопотери второй трубы

где τ_1 и τ_2 – температуры теплоносителя в первой и второй трубах; t_0 – естественная температура грунта на глубине оси теплопровода; R_1 – суммарное термическое сопротивление изоляции первой трубы и грунта : $R_1 = R_{u1} + R_{ep}$; R_2 – суммарное термическое сопротивление изоляции второй трубы и грунта : $R_2 = R_{u2} + R_{ep}$

Для оценки эффективности изоляционной конструкции часто пользуются показателем, называемым коэффициентом эффективности изоляции

$$\eta_u = (Q_z - Q_u) / Q_z = 1 - Q_u / Q_z, \quad (10)$$

где Q_u и Q_z тепловые потери неизолированной и изолированной труб. Обычно коэффициент эффективности изоляционных конструкций теплопроводов равен 0,85-0,95 [24].

2.2. Экспериментальный метод определения тепловых потерь трубопроводов при использовании тонкопленочной тепловой изоляции.

Для проведения экспериментов использовался лабораторный стенд (рисунок 6), представляющий собой модель однетрубного теплопровода. Основными элементами стенда являются: трубчатый термоэлектрический нагреватель – 1 (ТЭН), имитирующий теплопровод диаметром 13 мм и

длиной 1 м, покрытый слоем тонкопленочной тепловой изоляции – 2 жидкокристаллическая теплоизоляция (толщина 0,33 мм). В центральной части на внешней поверхности ТЭНа, заложены хромелькопелевые термопары – 3, сигнал от которых передавался к измерителю температуры УТК 38Щ4ТП. Термопары предназначались для контроля температуры поверхности ТЭНа и индикации установления стационарного режима теплопроводности. Погрешность измерения температуры, оцениваемая по методике [25] не превышала 2...3 %. Мощность ТЭНа регулировалась лабораторным автотрансформатором; ток и напряжение в цепи измерялись универсальным цифровым вольтметром В735. Эксперименты по определению тепловых потерь теплопровода проводились в следующем порядке. Теплоизоляционный материал наносили на поверхность ТЭНа ровным слоем толщиной 0,33 мм. Для определения толщины теплоизоляционного слоя использовали микрометр типа МК модель 102. Цена деления которого составляла 0,01, допустимая погрешность $\pm 0,004$, класс точности 2. После того как материал был готов к использованию включался электрический нагреватель. Для поддержания на поверхности ТЭНа постоянной температуры по мере установления стационарного режима теплопроводности необходимо было регулировать мощность нагревателя трансформатором. Линейный тепловой поток от ТЭНа (тепловые потери Q) определялся косвенно с погрешностью 0,5 %, обусловленной характеристиками прибора В735, по формуле [27]:

$$Q = \frac{IU}{L}, \quad (11)$$

где I – ток, А; U – напряжение, В; L – длина ТЭНа, м.[22]

Эксперимент проводился для температур поверхности ТЭНа равных 90°C, 70°C и 50 °C

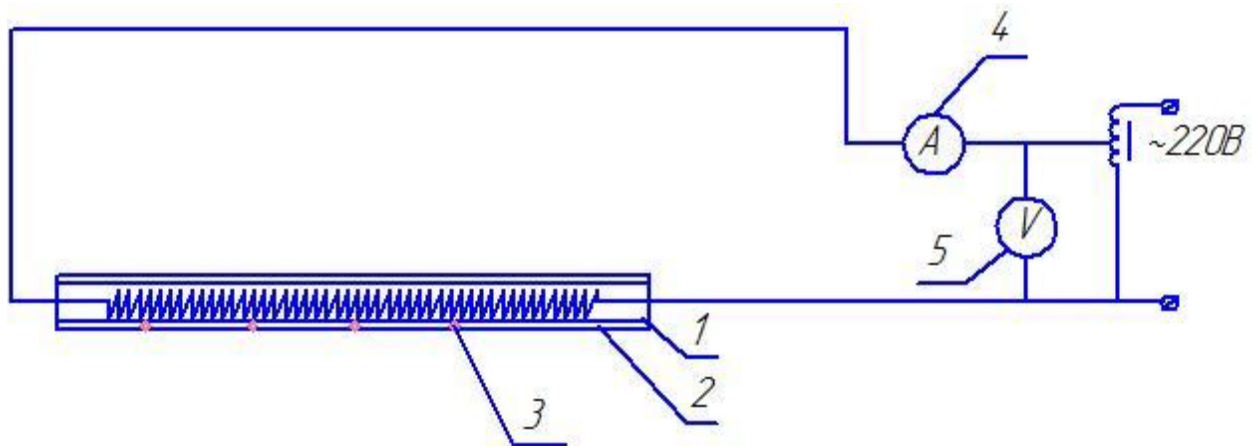


Рисунок 6 – Схема лабораторного стенда:

1 – ТЭН, 2 – слой тепловой изоляции, 3 – места закладки термопар,
4 – амперметр, 5 – вольтметр.

3. Экспериментальное определение тепловых потерь и коэффициента теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала.

Тепловой поток, проходящий через слой теплоизоляции можно вычислить из выражения:

$$Q = \frac{\pi l(t_{c1} - t_{c2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{I \cdot U}{L}, \quad (12)$$

Коэффициент теплопроводности определяется экспериментальным путем и рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{Q \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\pi l \Delta T}, \quad (13)$$

где Q – тепловые потери трубопровода;

d_2, d_1 - наружный и внутренний диаметры;

l - длина трубопровода ;

ΔT - разность температур на поверхности ТЭНа и поверхности тепловой изоляции.

Формула (13) является основной для вычисления коэффициента теплопроводности исследуемой теплоизоляции на экспериментальном стенде.

Все эксперименты повторялись 5 раз для каждой температуры в идентичных условиях с целью исключения случайной погрешности.

Результаты экспериментов по определению коэффициента теплопроводности приведены в таблицах 3 – 5.

3.1. Результаты экспериментального исследования.

Таблица 3. Результаты экспериментов по определению температуры внешней поверхности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 90°C

Температура поверхности ТЭНа, °C	Номер опыта	Напряжение, В	Температура поверхности изоляции, °C
90	1	29.1	86.5
	2	29.2	86.1
	3	29.0	86,3
	4	29.2	86.5
	5	29.1	86.3

Таблица 4. Результаты экспериментов по определению температуры внешней поверхности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 70°C

Температура поверхности ТЭНа, °C	Номер опыта	Напряжение, В	Температура поверхности изоляции, °C
70	1	28.5	66.4
	2	28.5	66.5
	3	28.6	66.4
	4	28.2	66.5
	5	28.4	66.4

Таблица 5. Результаты экспериментов по определению температуры внешней поверхности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 50°C

Температура поверхности ТЭНа, °C	Номер опыта	Напряжение, В	Температура поверхности изоляции, °C
50	1	27.1	46.8
	2	27.5	46.4
	3	27.9	46.5
	4	27.3	46.6
	5	27.8	46.8

3.2. Расчет коэффициента теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала.

На основании результатов экспериментов (таблицы 3–5) были рассчитаны значения коэффициентов теплопроводности тонкопленочной тепловой изоляции при фиксированной температуре поверхности ТЭНа по формуле (13).

Таблица 6. Результаты расчета коэффициентов теплопроводности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 90°C

Температура поверхности ТЭНа, °C	Температура поверхности изоляции, °C	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
90	86.5	0,0609
	86.0	0,0551
	85.9	0,0573
	86.5	0,0614
	86.3	0,0577

Таблица 7. Результаты расчета коэффициентов теплопроводности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 70°C

Температура поверхности ТЭНа, °С	Температура поверхности изоляции, °С	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
70	66.8	0,0568
	66.5	0,0585
	66.4	0,0572
	66.6	0,0573
	66.8	0,0564

Таблица 8. Результаты расчета коэффициентов теплопроводности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 50°C

Температура поверхности ТЭНа, °С	Температура поверхности изоляции, °С	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
50	46.8	0,0578
	46.4	0,0529
	46.5	0,0560
	46.6	0,0552
	46.8	0,0608

В таблицах 9–11 приведены значения тепловых потерь рассматриваемого объекта (рисунок 6) в зависимости от температуры поверхности ТЭНа, рассчитанные по формуле (11)

Таблица 9. Тепловые потери для температуры поверхности ТЭНа 90°C

Температура поверхности ТЭНа, °C	№ опыта	Напряжение, В	Тепловые потери, Вт/м
90	1	29.1	27,05
	2	29.2	27,24
	3	29.0	26,87
	4	29.2	27,24
	5	29.1	27,05

Таблица 10 . Тепловые потери для температуры поверхности ТЭНа 70°C

Температура поверхности ТЭНа, °C	№ опыта	Напряжение, В	Тепловые потери, Вт/м
70	1	28.5	25,95
	2	28.5	25,95
	3	28.6	26,13
	4	28.2	25,41
	5	28.4	25,77

Таблица 11 . Тепловые потери для температуры поверхности ТЭНа 50°C

Температура поверхности ТЭНа, °C	№ опыта	Напряжение, В	Тепловые потери, Вт/м
50	1	27.1	23,46
	2	27.5	24,16
	3	27.9	24,87
	4	27.3	23,81
	5	27.8	24,69

3.3 Обработка полученных результатов эксперимента

Погрешность результатов вычислялись в следующем порядке:

– по результатам измерений величины λ определяется среднее арифметическое из n измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (14)$$

где x – величина подразумевается λ .

– вычисляется среднеквадратичное отклонение результатов измерений от среднего арифметического:

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}}. \quad (15)$$

– для доверительной вероятности $\alpha=0,95$ и при количестве измерений 5 взят коэффициент Стьюдента $t_{an} = 2,78$.

– рассчитываются границы доверительного интервала для многократных измерений:

$$\Delta \bar{x}_{cl} = t_{an} \bar{\sigma}. \quad (16)$$

– оценивается доверительный интервал однократных измерений:

$$\Delta \bar{x}_{oi} = \alpha \cdot d, \quad (17)$$

где d – параметр равномерного распределения, связанный с ценой деления или классом точности измерительного прибора.

– определяется общая погрешность серии измерений:

$$\Delta \bar{x}_{oi} = \sqrt{(\Delta \bar{x}_{cl})^2 + (\Delta \bar{x}_{oi})^2}. \quad (18)$$

– окончательный результат записывается в виде:

$$x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x} \quad (19)$$

– выражение для погрешности косвенных измерений вычислим по формуле:

$$\Delta \bar{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial \bar{x}_i} \right)^2 (\Delta \bar{x}_i)^2} \quad (20)$$

Таблица 12 – Результаты измерения температур на поверхности теплоизоляции.

n	T, °C	T, °C	T, °C	T, °C	T, °C
1	86,5	86,0	85,9	86,5	86,3
2	66,8	66,5	66,4	66,6	66,8
3	46,8	46,4	46,5	46,6	46,8

Найдем средние арифметические значение величин :

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (21)$$

$$x_{cp1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{86,5+86+85,9+86,5+86,3}{5} = 86,24.$$

Средняя квадратичная погрешность отдельного результата измерениях (погрешность метода измерений) [27]:

$$n_{Si} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}}; \quad (22)$$

$$\begin{aligned}
n_{s_1} &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}} = \\
&= \sqrt{\sum_{i=1}^5 (86,24 - 86,5)^2 + (86,24 - 86,0)^2 + (86,24 - 85,9)^2 \\
&\quad + (86,24 - 86,5)^2 + (86,24 - 86,3)^2 \cdot \frac{1}{5-1}} = 0,032.
\end{aligned}$$

Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического (погрешность результата серии измерений) [27]:

$$n_{s_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}}; \quad (23)$$

$$n_{s_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}} = \frac{0,032}{\sqrt{5}} = 0,014.$$

Доверительная вероятность $\alpha=0.95$. Табличное значение коэффициента Стьюдента (при $\alpha=0.95$ и $n=5$) $t=2,78$ [27].

Доверительный интервал Δx (абсолютная погрешность результата серии измерений) [27]:

$$\Delta x_i = t(\alpha, n) \cdot n_{s_{\bar{x}}}; \quad (24)$$

$$\Delta x_1 = t(\alpha, n) \cdot n_{s_{\bar{x}}} = 2,78 \cdot 0,014 = 0,039.$$

Относительная погрешность результата серии измерений [27]:

$$\delta x = \frac{\Delta x_i}{x_i}; \quad (25)$$

$$\delta x = \frac{\Delta x_1}{x_{cp1}} = \frac{0,039}{86,24} = 0,00045;$$

Аналогичным способом производятся расчеты для остальных экспериментальных данных. Результаты расчетов погрешностей представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты расчета погрешностей значений температур на поверхности теплоизоляции

п	Среднее арифметическое значение T , °C	Доверительный интервал,	Относительная погрешность результата серии измерений
1	86,24	$\pm 0,039$	0,00045
2	66,62	$\pm 0,039$	0,00059
3	46,62	$\pm 0,039$	0,00084

В таблице 14 приведено измерение толщины тонкопленочного теплоизоляционного слоя.

Таблица 14 – Результаты измерения толщины теплоизоляционного слоя

п	Диаметр ТЭНа с теплоизоляцией, мм	Толщина теплоизоляционного слоя, мм
1	13,66	0,33
2	13,64	0,32
3	13,65	0,325
4	13,66	0,33
5	13,67	0,335
6	13,66	0,33
7	13,65	0,325
8	13,66	0,33
9	13,67	0,335
10	13,66	0,33

Найдем средние арифметические значение величин :

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (26)$$

$$x_{cp1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{0,33+0,32+0,325+0,33+0,335+0,33+0,325+0,33+0,335+0,33}{10} = 0,329.$$

Средняя квадратичная погрешность отдельного результата пизмерениях (погрешность метода измерений) [27]:

$$n_{Si} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}}; \quad (27)$$

$$\begin{aligned} n_{S_1} &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}} = \\ &= \sqrt{\sum_{i=1}^5 (0,329 - 0,33)^2 + (0,329 - 0,32)^2 + (0,329 - 0,325)^2 + (0,329 - 0,33)^2 + (0,329 - 0,335)^2 + (0,329 - 0,33)^2 + (0,329 - 0,325)^2 + (0,329 - 0,33)^2 + (0,329 - 0,335)^2 + (0,329 - 0,33)^2 \cdot \frac{1}{10-1}} = 0,000021. \end{aligned}$$

Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического (погрешность результата серии измерений) [27]:

$$n_{s\bar{x}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}}; \quad (28)$$

$$n_{s\bar{x}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}} = \frac{0,000021}{\sqrt{10}} = 0,00000939.$$

Доверительная вероятность $\alpha=0.95$. Табличное значение коэффициента Стьюдента (при $\alpha=0.95$ и $n=5$) $t=2,78$ [27].

Доверительный интервал Δx (абсолютная погрешность результата серии измерений) [27]:

$$\Delta x_i = t(\alpha, n) \cdot n_{s\bar{x}}; \quad (29)$$

$$\Delta x_1 = t(\alpha, n) \cdot n_{s\bar{x}} = 2,78 \cdot 0,00000939 = 0,0000261.$$

Относительная погрешность результата серии измерений [27]:

$$\delta x = \frac{\Delta x_i}{x_i}; \quad (30)$$

$$\delta x = \frac{\Delta x_1}{x_{cp1}} = \frac{0,0000261}{0,329} = 0,0000793;$$

Результаты расчетов погрешностей представлены в таблице 15.

Таблица 15. Результаты расчета погрешностей значений толщины теплоизоляционного материала

Среднее арифметическое значение d , мм	Доверительный интервал, мм	Относительная погрешность результата серии измерений
0,329	$\pm 0,0000261$	0,0000793;

Таблица 16. Результаты расчета коэффициентов теплопроводности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 90°C

п	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
1	0,0609
2	0,0551
3	0,0573
4	0,0614
5	0,0577

Найдем средние арифметические значение величин :

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (31)$$

$$x_{cp1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{0,0609+0,0551+0,0573+0,0614+0,0577}{5} = 0,0584.$$

Средняя квадратичная погрешность отдельного результата пизмерениях (погрешность метода измерений) [27]:

$$n_{Si} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}}; \quad (32)$$

$$\begin{aligned}
n_{s_1} &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}} = \\
&= \sqrt{\sum_{i=1}^5 (0,0584 - 0,0609)^2 + (0,0584 - 0,0551)^2 + (0,0584 - 0,0573)^2 + (0,0584 - 0,0614)^2 + (0,0584 - 0,0577)^2 \cdot \frac{1}{5-1}} \\
&= 0,00000696.
\end{aligned}$$

Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического (погрешность результата серии измерений) [27]:

$$n_{s_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}}; \quad (33)$$

$$n_{s_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}} = \frac{0,00000696}{\sqrt{5}} = 0,00000311.$$

Доверительная вероятность $\alpha=0.95$. Табличное значение коэффициента Стьюдента (при $\alpha=0.95$ и $n=5$) $t=2,78$ [27].

Доверительный интервал Δx (абсолютная погрешность результата серии измерений) [27]:

$$\Delta x_i = t(\alpha, n) \cdot n_{s_{\bar{x}}}; \quad (34)$$

$$\Delta x_1 = t(\alpha, n) \cdot n_{s_{\bar{x}}} = 2,78 \cdot 0,00000311 = 0,00000865.$$

Относительная погрешность результата серии измерений [27]:

$$\delta x = \frac{\Delta x_i}{x_i}; \quad (35)$$

$$\delta x = \frac{\Delta x_1}{x_{cp1}} = \frac{0,00000865}{0,0584} = 0,000148;$$

Результаты расчетов погрешностей представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты расчета погрешностей значений толщины теплоизоляционного материала

Среднее арифметическое значение λ , Вт/(м·К)	Доверительный интервал, Вт/(м·К)	Относительная погрешность результата серии измерений
0,0584	$\pm 0,000148$	0,00000865;

Таблица 18. Результаты расчета коэффициентов теплопроводности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 70°С

п	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
1	0,0568
2	0,0585
3	0,0572
4	0,0573
5	0,0564

Найдем средние арифметические значение величин :

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (36)$$

$$x_{cp1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{0,0568+0,0585+0,0572+0,0573+0,0564}{5} = 0,0572.$$

Средняя квадратичная погрешность отдельного результата пизмерениях (погрешность метода измерений) [27]:

$$n_{S_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}}; \quad (37)$$

$$\begin{aligned} n_{S_1} &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}} = \\ &= \sqrt{\sum_{i=1}^5 (0,0572 - 0,0568)^2 + (0,0572 - 0,0585)^2 + (0,0572 - 0,0572)^2 + (0,0572 - 0,0573)^2 + (0,0572 - 0,0564)^2 \cdot \frac{1}{5-1}} \\ &= 0,000000625. \end{aligned}$$

Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического (погрешность результата серии измерений) [27]:

$$n_{s_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}}; \quad (38)$$

$$n_{s_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}} = \frac{0,000000625}{\sqrt{5}} = 0,000000279.$$

Доверительная вероятность $\alpha=0.95$. Табличное значение коэффициента Стьюдента (при $\alpha=0.95$ и $n=5$) $t=2,78$ [27].

Доверительный интервал Δx (абсолютная погрешность результата серии измерений) [27]:

$$\Delta x_i = t(\alpha, n) \cdot n_{s_{\bar{x}}}; \quad (39)$$

$$\Delta x_1 = t(\alpha, n) \cdot n_{s_{\bar{x}}} = 2,78 \cdot 0,000000279 = 0,000000777.$$

Относительная погрешность результата серии измерений [27]:

$$\delta x = \frac{\Delta x_i}{x_i}; \quad (40)$$

$$\delta x = \frac{\Delta x_1}{x_{cp1}} = \frac{0,000000777}{0,0584} = 0,0000135;$$

Результаты расчетов погрешностей представлены в таблице 19.

Таблица 19. Результаты расчета погрешностей значений толщины теплоизоляционного материала

Среднее арифметическое значение λ , Вт/(м·К)	Доверительный интервал, Вт/(м·К)	Относительная погрешность результата серии измерений
0,0584	$\pm 0,0000135$	0,000000777

Таблица 20. Результаты расчета коэффициентов теплопроводности тонкопленочной тепловой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 50°C

n	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
1	0,0578
2	0,0529
3	0,0560
4	0,0552
5	0,0608

Найдем средние арифметические значение величин :

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (41)$$

$$x_{cp1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{0,0578+0,0529+0,0560+0,0552+0,0608}{5} = 0,0565.$$

Средняя квадратичная погрешность отдельного результата измерения (погрешность метода измерений) [27]:

$$n_{S_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}}; \quad (42)$$

$$n_{S_1} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x)^2 \cdot \frac{1}{n-1}} =$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^5 (0,0565 - 0,0578)^2 + (0,0565 - 0,0529)^2 + (0,0565 - 0,0560)^2 + (0,0565 - 0,0552)^2 + (0,0565 - 0,0608)^2 \cdot \frac{1}{5-1}}$$

$$= 0,00000877.$$

Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического (погрешность результата серии измерений) [27]:

$$n_{S_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}}; \quad (43)$$

$$n_{S_{\bar{x}}} = \frac{n_s}{\sqrt{n}} = \frac{0,00000877}{\sqrt{5}} = 0,00000392.$$

Доверительная вероятность $\alpha=0.95$. Табличное значение коэффициента Стьюдента (при $\alpha=0.95$ и $n=5$) $t=2,78$ [27].

Доверительный интервал Δx (абсолютная погрешность результата серии измерений) [27]:

$$\Delta x_i = t(\alpha, n) \cdot n_{S_{\bar{x}}}; \quad (44)$$

$$\Delta x_1 = t(\alpha, n) \cdot n_{S_{\bar{x}}} = 2,78 \cdot 0,00000392 = 0,0000109.$$

Относительная погрешность результата серии измерений [27]:

$$\delta x = \frac{\Delta x_i}{x_i}; \quad (45)$$

$$\delta x = \frac{\Delta x_1}{x_{cp1}} = \frac{0,0000109}{0,0584} = 0,000193;$$

Результаты расчетов погрешностей представлены в таблице 21.

Таблица 21. Результаты расчета погрешностей значений толщины теплоизоляционного материала

Среднее арифметическое значение λ , Вт/(м·К)	Доверительный интервал, Вт/(м·К)	Относительная погрешность результата серии измерений
0,0584	$\pm 0,000193$	0,0000109

На основании полученных значений построен график (7) зависимости коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала от температуры поверхности ТЭНа.

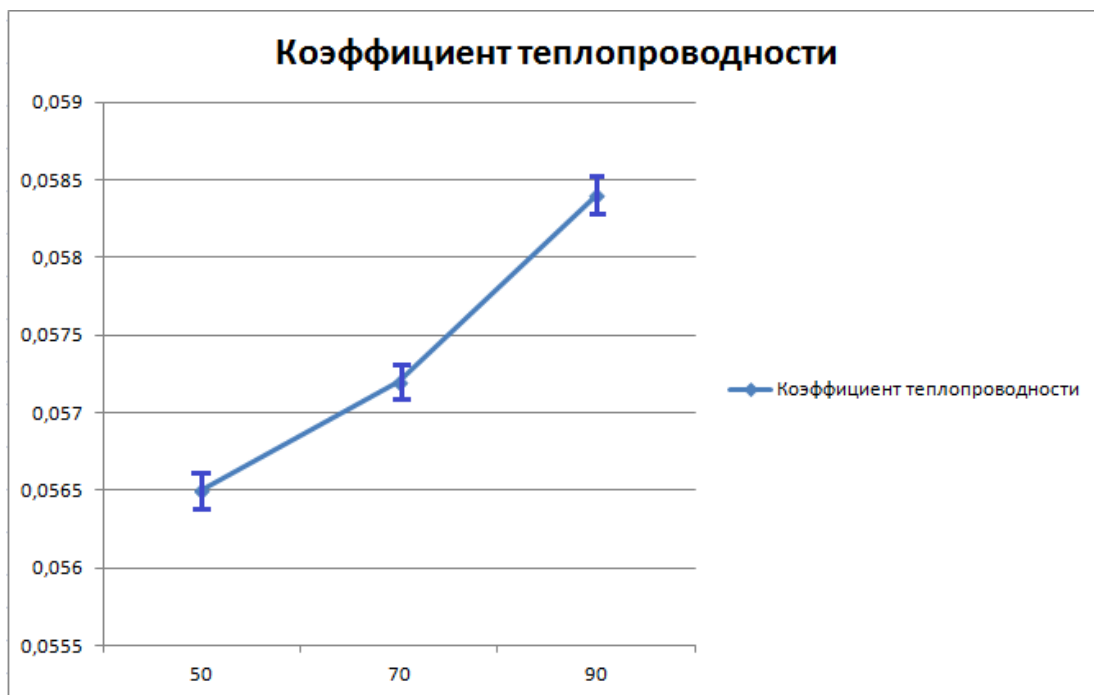


Рисунок 7. Зависимость коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала от температуры на поверхности ТЭНа.

По построенной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры поверхности ТЭНа, можно сделать вывод о том, что теплопроводность тонкопленочного материала повышается при увеличении температуры поверхности ТЭНа.

Заключение

По результатам проведенных экспериментов были определены коэффициенты теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного материала, при различных температурах поверхности ТЭНа. Так при температуре поверхности ТЭНа 90°C коэффициент теплопроводности составил $0,0584 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, при 70°C составил $0,0572 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, при 50°C $0,0565 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

По построенной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры поверхности ТЭНа, можно сделать вывод о том, что теплопроводность тонкопленочного материала повышается при увеличении температуры поверхности ТЭНа.

Средний коэффициент теплопроводности составил $0,0574 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, это означает, что полученный результат отличается от заявленного фирмой-производителем почти в 49 раз.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Попов Илья Алексеевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	Теоретической и промышленной теплотехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов, амортизационные отчисления, заработная плата научного руководителя.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации, нормы премии по счету заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка по отчислениям во внебюджетные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

4. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Экспертная оценка сравнения ресурсоэффективности и оценки достоверности полученных результатов
5. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление бюджета НИР
6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Анализ критериев ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Попов Илья Алексеевич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов является оценка коммерческой ценности разработки.

Таким образом, целью работы является создание конкурентоспособной разработки, технологии, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- 1) оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- 2) определение возможных альтернатив проведения научного исследования, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- 3) планирование научно-исследовательской работы;
- 4) определение ресурсной (ресурсосберегающей), социальной, экономической, финансовой и бюджетной эффективности исследования.

4.1 Предварительный анализ конкурентоспособности разработки

Тема данной работы – экспериментальное исследование тонкопленочного материала

Внешняя среда:

- 1) спрос, характер спроса

Данное исследование возможно использовать в энергетической промышленности для снижения тепловых потерь теплоносителя или в любой другой промышленности, где важным фактором является сохранение тепловой энергии.

Коммерческие организации, заинтересованные в минимизации тепловых потерь:

- предприятия, занимающиеся производством тепловой энергии;
- компании, которые занимаются транспортировкой теплоносителя;
- компании, занимающиеся производством теплоизоляционных материалов различного назначения;
- предприятия, в эксплуатации которых находятся оборудование работающее при высоких и низких температурах.

2) Конкуренты

Конкурентами являются производители различных теплоизоляционных материалов, в частности тонкопленочной жидкой теплоизоляции.

3) Поставщики

Поставщиками оборудования для производства тонкопленочной жидкой теплоизоляции являются компании: Корунд, КМИТЭК, Броня, Теплокрес.

4) Аудитория влияния

Аудиторией влияния на экспериментальное оборудование является администрация Томского Политехнического Университета.

Внутренняя среда:

1) экспериментальное исследование

Результатами исследования являются: распределение температур внутри и на поверхности экспериментального трубопровода

2) обеспеченность, потребность в основных средствах

Основными средствами является: экспериментальная установка, исследуемый материал, ПВЭМ.

3) оборотный капитал

Оборотный капитал отсутствует

5) Для проведения экспериментального исследования и получения достоверных результатов необходимо обеспечить максимальную точность и наименьшую погрешность измерений. Для этого необходимо подобрать оборудование, которое имеет максимальную точность измерения.

Для точного измерения температур и получения достоверных значений, необходимо выбрать подходящий тип термоэлектрических преобразователей (термопар). Поэтому произведем сравнительный анализ четырех типов термоэлектрических преобразователей:

- 1) медь-копелевые — ТМК — Тип М;
- 2) хромель-константановые ТХКн — Тип Е;
- 3) хромель-копелевые — ТХК — Тип L;
- 4) хромель-алюмелевые — ТХА — Тип К.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

- 1) температурный диапазон (длительно);
- 2) температурный диапазон (кратковременно);
- 3) класс точности 1;
- 4) класс точности 2.

Эксперты оценили характеристики устройств по десятибалльной шкале. Далее они оценили важность каждого критерия по 5 бальной шкале (bj). Все данные представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Оценка конкурентоспособности первым экспертом

Тип термоэлектрического преобразователя	Температурный диапазон (длительно)	Температурный диапазон (кратковременно)	Класс точности 1	Класс точности 2	Сумма
ТКМ – Тип М	10/2.1	8/1,68	7/0,735	8/2.104	9.249
ТХКн – Тип Е	7/1.47	7/1,47	4/0.42	8/2.104	6.253
ТХК – Тип L	5/1,05	5/1.05	2/0,21	4/1.052	3,888
ТХА – Тип К	10/2.1	9/1,89	10/1.05	9/2.367	9,511
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	19
Вес (W_i)	0,26	0,26	0,133	0,333	1

Таблица 2 – Оценка конкурентоспособности вторым экспертом

Тип термоэлектрического преобразователя	Температурный диапазон (длительно)	Температурный диапазон (кратковременно)	Класс точности 1	Класс точности 2	Сумма
ТКМ – Тип М	9/1,89	5/1,05	6/0,63	7/1,841	7,778
ТХКн – Тип Е	8/1,68	5/1,05	7/0,735	7/1,841	6,357
ТХК – Тип L	5/1,05	4/0,84	3/0,315	5/1,315	4,309
ТХА – Тип К	9/1,89	7/1,47	10/1.05	9/2,367	9,144
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	19
Вес (W_i)	0,26	0,26	0,133	0,333	1

Для каждого завода изготовителя в столбцах с факторами конкурентоспособности поставлены оценки от 1 до 10, показывающие степень удовлетворения потребностям заказчика.

b_i – важность критерия – в этой строке необходимо было поставить цифру от 1 до 5 (5 – максимальная важность для заказчика).

W_i – весовой коэффициент – в этой строке рассчитан весовой коэффициент каждого фактора конкурентоспособности как отношение важности критерия к сумме важностей всех факторов $b_i/b_{\text{сум}}$.

Суммарный весовой коэффициент равен единице – значит расчёт произведён верно. Таким образом, весовой коэффициент W_i показывает долю важности каждого из факторов конкурентоспособности.

Далее необходимо умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта по каждому поставщику. Итоговые экспертные оценки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Итоговые экспертные оценки

Тип термоэлектрического преобразователя	Первый эксперт	Второй эксперт	Средняя оценка
ТКМ – Тип М	9,249	7,778	8,514
ТХКн – Тип Е	6,253	6,357	6,305
ТХК – Тип L	3,888	4,309	4,099
ТХА – Тип К	9,511	9,144	9,328

В итоге, по результатам четырех независимых экспертных оценок, самый худший результат получил термоэлектрический преобразователь ТХК – Тип L , а высший средний бал по предоставленным критериям отбора получил термоэлектрический преобразователь ТХА – Тип К.

4.2 Календарный план работы

Для выполнения исследований по данной работе создана рабочая группа, состоящая из руководителя и студента. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4. В таблице 5 представлен календарный план выполнения работ.

Сетевой график — это динамическая модель производственного процесса, отражающий технологическую зависимость и последовательность выполнения комплекса работ, увязывающая их свершение во времени с учётом затрат ресурсов.

На рисунке 28 представлен сетевой график.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	T_{ki} , кал.дн
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	1
	2	Оформление технического задания	Студент	1
Подбор и исследование ранние проведенных работ	3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент	6
Экспериментальные исследования	4	Проведение опытов	Студент	6
	5	Проведение опытов	Студент	6
	6	Проведение опытов	Студент	6
	7	Проведение опытов	Студент	10
	8	Анализ результатов	Студент	4
Разработка экономической части	9	SWOT - анализ	Студент	1
	10	Экспертная оценка	Студент	1
	11	Календарный план	Студент	1
	12	Расчет стоимости	Студент	1
	13	Анализ ресурсоэффективности	Студент	1

Расчет БЖД	14	Обеспечение пожарной безопасности	Студент	1
	15	Обеспечение микроклимата рабочего места	Студент	1
Оформление работы	16	Оформление	Студент	4

Таблица 5 – Календарный план

[illegible]

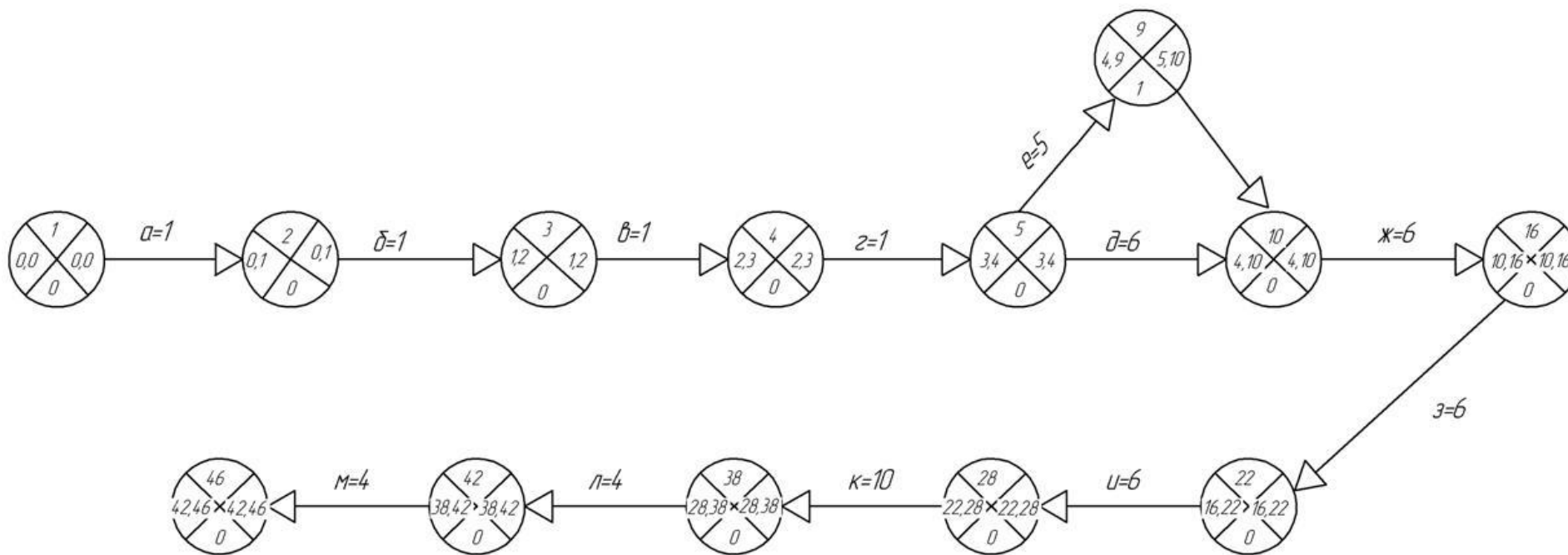


Рисунок 28 – Сетевой график

4.3 Расчет сметы затрат на исследование

Таблица 6 – Смета проекта

Наименование	Единичные расчеты						Суммарные затраты			
	Материалы		Зарплата		Амортизация		Материалы	Зарплата + соц. Отчисления	Амортизация	Сумма
	Тариф	Кол-во	Тариф	Кол-во	Тариф	Часов				
Проведение эксперимента льного исследования	700,77	1	8580	1	-	-	700,77	8580	349,4	9630,17

В таблице 7 представлено подробное описание расходов на материалы.

Таблица 7 – Расходы на материалы

Расходы	Ед. измерения	Цена	Кол-во	Итого
Канцтовары	-	-	-	630
Трубопровод	шт	-	1	-
Теплоизоляционный материал	л	-	1	-
Вода	мл	30	324	30
Электроэнергия	кВт·ч	4,25	9,594	40,77
				700,77

В таблице 8 представленные расходы на канцтовары.

Таблица 8 – Канцтовары

Наименование:	Цена
Бумага	230
Ручки	100
Флеш-накопитель	300
	630

В таблице 9 представленные расходы на электроэнергию.

Таблица 9 – Потребления электроэнергии

Источник потребления	Мощность Вт	Кол-во часов	Итого:
Персональный компьютер	70	54	3780
Освещение	100	54	5400
Морозильная установка	150	54	8100
Устройство контроля температуры	6	54	324
Принтер и МФУ	90	1	90
			9594

Зарплата и отчисление на соц. нужды:

Зарплата руководителя ВКР бакалавра может быть определена по условию часовой оплаты. Норма времени на руководство ВКР бакалавра составляет 22 часа, в соответствии с положением о порядке нормирования труда научно-педагогических работников. Тариф на почасовую оплату составляет 300 р./час для доцента. Поэтому расходы на оплату труда составят $22 \times 300 = 6600$ руб. Отчисление на социальные нужды $6600 \times 0,3 = 1980$ руб. Суммарные затраты на вознаграждение работников составляют $6600 + 1980 = 8580$ руб.

В таблице 10 представленные расходы на амортизацию.

Таблица 10 – Амортизация:

Объект	Норма в год	Стоимость	Величина в год	Кол-во часов	Сумма в час	Время работы, ч.	Стоимость амортизации
Генератор постоянного тока	20	15000	3000	1350	2,22	54	119,8
Устройство контроля температуры	20	8200	1640	1350	1,21	54	65,34
Персональный компьютер	20	40000	8000	1350	4,65	54	251,1
Принтер и МФУ	20	10000	2500	800	3,13	1	3,13
							349,4

4.4 Оценка ресурсоэффективности разработки

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

$\Phi_{\text{мах}}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем интегральный финансовый показатель для двух исполнений. В первом варианте стоимость исполнения берем из расчетов, таблица 6, а во втором варианте принимаем стоимость исполнения равной 15000. Максимальное значение стоимости исполнения научно-исследовательского проекта – 20000.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{9630,17}{20000} = 0,4815$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{15000}{20000} = 0,75$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 11.

Таблица 11 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	5
2. Точность вычислений	0,3	4	5
3. Энергосбережение	0,20	4	5
4. Надежность	0,25	5	5
5. Время выполнения решения поставленной задачи	0,05	4	4
Итого	1		

$$I_{p-исп.1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 3,065,$$

$$I_{p-исп.2} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$)

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}} = \frac{3,065}{0,4815} = 6,37$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{финр}} = \frac{4,95}{0,75} = 6,6$$

С целью определения наиболее целесообразного варианта из предложенных сравним интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки и определим сравнительную эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{6,37}{6,6} = 0,96$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,4815	0,75
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,065	4,95
3	Интегральный показатель эффективности	6,37	6,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,96	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является выполнение работы по второму исполнению.

По окончании анализа финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования: продукт является высокотехнологичной продукцией, востребованной в сфере промышленности, не имея при этом существенных конкурентов.

Также определены возможные альтернативы проведения научного исследования: с помощью сравнительного анализа и экспертных оценок было проведено сравнение различных термоэлектрических преобразователей по ряду признаков (температурный диапазон (длительно), температурный диапазон (кратковременно), класс точности 1, класс точности 2) и установлено, что наиболее подходящим для рассматриваемого исследования является термоэлектрический преобразователь ТХА – Тип К.

Проведена оценка объема необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека: руководитель и студент. Все мероприятия

займут 46 дней и будут проводиться с 1 мая до 15 июня при запланированной производительности.

Проведено определение социальной, ресурсной (ресурсосберегающей), бюджетной, финансовой и экономической эффективности разработки: были определены интегральные показатели для различных вариантов исполнения проекта и, с целью определения наиболее целесообразного варианта, определена сравнительная эффективность проекта. При сравнении данных параметров было установлено, что второе исполнение является более эффективным с позиции финансовой и ресурсной эффективности.