

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

Подразделение: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Отделение: НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Численное исследование влияния геометрических характеристик микросфер тонкопленочных теплоизоляционных покрытий на тепловые потери теплотехнического оборудования

УДК 621.1.002.5: 621.793.1: 539.216.2:514

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5Б	Юрков Александр Юрьевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Подопригора И.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения контроля и диагностики	Сотникова А.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения/НОЦ/ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Антонова А.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2019 г.

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
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.
Профессиональные компетенции	
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»**

Подразделение: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Отделение: НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____Антонова А.М.

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студент:

Группы	ФИО
5Б5Б	Юркову Александру Юрьевичу

Тема работы:

Численное исследование влияния геометрических характеристик микросфер тонкопленочных теплоизоляционных покрытий на тепловые потери теплотехнического оборудования	
Утверждена приказом ректора (дата, номер)	№751/с 01.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:

1 июня 2019 года

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 – слой тепловой изоляции из сверхтонкого теплоизоляционного материала.
Предмет исследования – тепловые потери изолированного теплопровода.

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 и анализ научных статей по направлению исследования с целью выяснения достижений в рассматриваемой области. Решение двумерной задачи теплопроводности для слоя тепловой изоляции из сверхтонкого теплоизоляционного материала. Сопоставление полученных результатов между собой и их анализ.
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 Вячеслав Юрьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора Игнат Валерьевич
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна
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 НОЦ И.Н. Бу-такова ИШЭ	Половников В.Ю.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5Б	Юрков Александр Юрьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСО-
СБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б5Б	Юркову Александру Юрьевичу

Школа	ИШЭ	Отделение	НОЦ Н.И. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	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	Отчисления в социальные фонды – 28% от ФЗП

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Экспертная оценка языков программирования
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление бюджета НИР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Анализ критериев ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Подопригора Игнат Валерьевич	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5Б	Юрков Александр Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б5Б	Юркову Александру Юрьевичу

Школа	ИШЭ	Отделение	НОЦ Н.И. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: Численное исследование влияния геометрических характеристик микросфер тонкопленочных теплоизоляционных покрытий на тепловые потери теплотехнического оборудования

1. Характеристика объекта исследования	Объектом исследования является нанесенный на трубопровод слой сверхтонкой теплоизоляции толщиной 0,33 мм, содержащий полые и полнотелые микросферы диаметром 50 и 70 мкм.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Специальные: • Режим рабочего времени регламентируется в соответствии с ТК РФ ст. 100; • Оплата и нормирование труда регулируются в соответствии с ТК РФ Раздел VI; • Глава 14 ТК РФ отражает защиту персональных данных работника. • Права работника отражены в ТК РФ, ФЗ № 197. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: • Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78; • В соответствии с СН-245-71 в помещении должен быть организован воздухообмен. • СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. • ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
5.2. Производственная безопасность 5.2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 5.2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	2.1. Вредные факторы при функционировании теплотехнического оборудования. Отклонения температуры и влажности воздуха от нормы; условия микроклимата; недостаточная освещенность; повышенный уровень электромагнитного излучения; повышенный уровень шума. 2.2. Факторы опасностей при функционировании теплотехнического оборудования. Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайное прикосновение к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала; появление напряжения на отключенных токоведущих частях.
5.3. Экологическая безопасность:	- воздействие на атмосферу (выбросы);
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: техногенного характера - пожар; короткое замыкание; поражение электрическим током.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5Б	Юрков Александр Юрьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 64 с., 26 рис., 21 табл., 44 источника.

Ключевые слова: математическое моделирование, энергосбережение, изоляционный материал, тепловые потери трубопроводов, тонкопленочная теплоизоляция.

Объектом исследования является нанесенный на трубопровод слой сверхтонкой теплоизоляции толщиной 0,33 мм, содержащий полые и полнотелые микросферы диаметром 50 и 70 мкм.

Цель работы – моделирование теплопереноса в слое тонкопленочной теплоизоляции с учетом влияния состава материала и геометрических характеристик микросфер, входящих в него.

В ходе исследования с помощью функций и средств, имеющихся в пакете программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics, было проведено моделирование тепловых режимов слоя изоляции.

В процессе исследования были определены значения тепловых потерь с учетом различных геометрических характеристик микросфер, входящих в исследуемый материал.

Основные технологические, конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики: тонкопленочная тепловая изоляция используется для снижения потерь тепла промышленного оборудования и трубопроводов.

Область применения: теплообменное оборудование, система теплоснабжения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИННОВАЦИОННЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ.	6
1.1. Современные виды теплоизоляционных материалов.....	6
1.2. Тонкопленочные теплоизоляционные покрытия	10
2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В СЛОЕ СВЕРХТОНКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ И МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ.....	13
2.1. Общая физическая постановка задачи.....	13
2.2. Математическая модель	15
2.3. Метод решения	16
3. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В СЛОЕ СВЕРХТОНКОЙ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ	19
3.1. Исходные данные.....	19
3.2. Результаты численного анализа	20
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	32
Введение.....	32
4.1. Комплексный анализ научно-исследовательского проекта для исследования внутренней и внешней среды проекта.....	33
4.2. Выбор среды моделирования и экспертная оценка.....	34
4.3. Календарный план.....	38
4.4. Смета проекта научного исследования.....	40
Вывод по главе	42
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	43
Введение.....	43
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	44
5.2 Производственная безопасность	48
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	49
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	52
5.3 Экологическая безопасность	56
5.4 Обеспечение безопасности при ЧС	57
Вывод по главе	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	61

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе технический прогресс развивается бурными темпами. В связи с этим разрабатываются все более совершенные методы и подходы к поставленным задачам, внедряются новые технологии, которые приходят на смену старым, выдвигаются и реализуются новые пути решения вопросов и проблем, являющихся актуальными в настоящее время. Также с развитием науки приходит переосмысление каких-либо приоритетов, расставленных ранее в определенных сферах жизни, что в большинстве случаев ведет к рационализации и повышению эффективности в тех или иных областях производственной деятельности и к правильному использованию потребляемых энергоресурсов [1]. Если подробнее рассмотреть предыдущее предложение, а конкретнее словосочетание «потребляемые ресурсы» в нем, то одно из первых, что приходит в голову большинству людей при упоминании об этом, это энергия.

В последнее время сменились взгляды на использование энергии. Впервые люди задумались о рациональном потреблении ископаемых ресурсов не более полувека назад, когда человечество захлестнул мировой энергетический кризис. И если раньше на главном месте стояло получение большого количества энергии, а на второстепенном эффективность, экономия и учет различных потерь, то теперь все поменялось местами. Теперь мы живем в веке экономии и эффективного использования энергоресурсов [2, 3].

В России до конца XX энергосбережению отводилось очень мало внимания, а тема бережного и рационального потребления энергии имела отдаленный характер, и в основном практически не воспринималась всерьез. Можно сказать, что все это было лишь в зачаточном состоянии. После распада СССР, как и большинство других стран, Россия была вынуждена столкнуться лицом к лицу с такой проблемой как отсутствие реально работающих моделей энергосбережения [4].

Теплоизоляция – это специальные материалы и конструктивные элементы, снижающие величину теплопередачи в конструкции и играющие роль

главного термического сопротивления. Они сделаны из веществ с характерными теплофизическими свойствами, не позволяющими им хорошо проводить тепло. Теплоизоляция нашла применение во многих сферах жизни. Ее применяют при строительстве и утеплении домов, при создании одежды и обуви, в криогенной технике и при транспортировке сжиженного природного газа. Также обширную нишу тепловая изоляция заняла в области тепловых сетей, отопительных систем и систем снабжения потребителей горячей водой [5].

По известным данным в России наблюдается высокий уровень тепловых потерь в тепловых сетях относительно стран Западной Европы. Непосредственно у конечных потребителей с учетом времени года этот показатель лежит в диапазоне от 15 до 35% от теплоты, отпускаемой на источнике теплоснабжения, из этого диапазона 5-7% отводится на потери в магистральных сетях. В странах Западной Европы данный показатель имеет существенно меньшее значение, составляющее 2-10% [6, 7]. Целью тепловой изоляции в системах теплоснабжения является в первую очередь снижение тепловых потерь, возникающих в результате транспортировки теплоносителя от источника до потребителей. Это так же увеличивает и экономические показатели. Но возникает другая проблема. Традиционные виды теплоизоляционных покрытий имеют свойство терять свои теплозащитные свойства при их эксплуатации в связи со структурными особенностями, влияние которых в основном происходит из-за открытой пористости. Более того не исключено применение материалов низкого качества. В сумме все это дает рост тепловых потерь, величина которых превышает нормативные в 2-3 раза [8, 9]. Использование надежных, качественных и современных теплоизоляционных покрытий может решить данный вопрос.

Анализ обстановки на современном рынке отечественного производителя гласит о том, что появился принципиально новый, имеющий перспективу на дальнейшее развитие, вид теплоизоляции. Это тонкоплёночная тепловая изоляция или как ее еще называют- энергосберегающая краска. Данный

вид теплоизоляции представляет собой жидкую массу, однородную по своей структуре, и состоящую из нескольких компонентов. Она с легкостью наносится на любые, даже сложной геометрической формы конструкции с помощью краскопульта или кисти.

Актуальность работы. Состояние тепловых сетей в России на данный момент оценивается как неудовлетворительное. Следовательно, возникает необходимость разработки новых технологий в сфере теплоизоляции и усовершенствования уже имеющихся видов материалов. Тонкопленочная теплоизоляция обладает уникальными теплофизическими свойствами, что позволяет применять ее в различных энергетических системах и оборудовании. Но несмотря на это, данная технология не получила широкого распространения, в связи с недостатком знаний о физических свойствах данных материалов и о протекающих в них процессах тепломассопереноса. Более того, на данный момент нет достаточного количества объективных исследований, которые давали бы точную и подтвержденную информацию о наиболее оптимальном составе и структуре этих материалов, при которых обеспечивалась наибольшая эффективность при их применении.

Объект исследования – тонкопленочный теплоизоляционный материал, фактический состав которого является коммерческой тайной и не раскрывается производителями.

Предметом исследования является анализ влияния геометрических характеристик микросфер на тепловые потери теплотехнического оборудования, изолированного тонкопленочным теплоизоляционным покрытием.

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

Цель работы – численный анализ влияния геометрических характеристик микросфер тонкопленочных теплоизоляционных покрытий на тепловые потери теплотехнического оборудования.

1. ИННОВАЦИОННЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ.

1.1. Современные виды теплоизоляционных материалов

На сегодняшний день, учитывая то, с какой скоростью движется прогресс, появляется все больше и больше различного рода технологий. И это неудивительно, ведь вектор развития человеческого прогресса всегда был направлен вперед, в сторону открытия новых изобретений и модернизации уже имеющихся технологий. В связи с этим на рынке технологий появляется все больше и больше различных товаров. Не обошло это и рынок теплоизоляционных материалов. И если сравнивать уже имеющиеся виды теплоизоляции с новыми продуктами, то, как гласит заявленная рекламная информация, новые материалы существенно превосходят их по физическим свойствам. Следует отметить, что на данный момент приобретают все большую популярность следующие виды теплоизоляционных материалов: маты и плиты из штапельного стекловолокна. Вышеуказанные материалы являются более совершенным аналогом таких известных теплоизоляционных покрытий как «ISOVER» и «URSA», и со слов производителя обладают следующими заявленными достоинствами: высокая эффективность (коэффициент теплопроводности лежит в пределах $\lambda = 0,033 \div 0,043 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$), широкая область применения. Более того наблюдается хорошая эластичность и гибкость, позволяющая создавать сопротивление механическим нагрузкам и разрушению, что в свою очередь сказывается на надежности, легкости монтажа и снижении трудозатрат [10].

Еще один вид теплоизоляции - цилиндры из пенополиуретана. Его используют при утеплении производственных трубопроводов и теплоизоляции систем горячего и холодного водоснабжения, а также отопления (коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,028 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$). Структура данного материала представляет собой систему замкнутых герметичных пор, пространство которых заполнено диоксидом углерода. Производство данного материала выглядит следующим образом: полимерный рукав наполняется диоксидом уг-

лерода, затем происходит заваривание рукава таким образом, чтобы происходило образование полусфер. После всего этого данная газонаполненная пленка применяется для теплоизоляции трубопроводов [11]. Количество наносимых на трубопровод слоев из данного материала напрямую зависит, во-первых, от температуры протекающего теплоносителя, а во-вторых от диаметра самого трубопровода (рисунок 1.1.1).

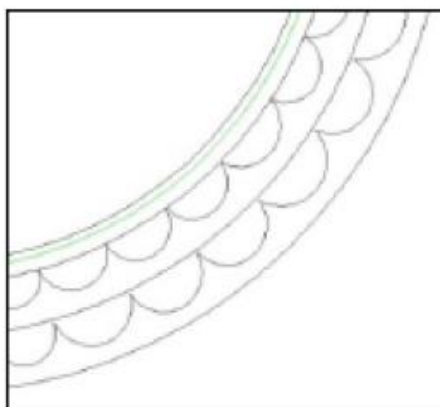


Рисунок 1.1.1 – Схема нанесенных слоев тепловой изоляции на трубу

Устойчивость всей системы пор к механическим воздействиям обеспечивается герметичностью каждой полусферы. Более того такая закрытая ячеистая структура имеет высокое сопротивление к воздействию влаги [12].

Универсальность своего применения во многих областях промышленности приобрела базальтовая теплоизоляция. Изготавливают данный материал в основном из базальтового волокна (маты и плиты) с применением различного рода добавок, в том числе гидрофобных, после чего производят каширование обкладочным материалом, например, алюминиевой фольгой, крафт-бумагой или стеклохолстом. Коэффициент теплопроводности базальтовых утеплителей достигает $\lambda = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, более того, если сравнивать их с традиционными аналогами минеральной ваты и стекловаты, то у первых ресурс работы будет выше до 5 раз. Минеральная вата, сделанная из базальтовых пород в виде цилиндрической формы универсальна в применении для труб любого назначения, теплопроводность составляет не выше $\lambda = 0,048 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [13]. Рассмотрим процесс монтажа минераловатной теплоизоляции на резервуар с нефтепродуктами. В первую очередь на стенку

резервуара наносится краска, с целью предотвращения коррозии. Затем устанавливается конструкция банджа для надежной стыковки плит минеральной ваты и стенки резервуара. После происходит монтаж минераловатного утеплителя, на который в последующем наносится гидроизоляция и покровный слой (рисунок 1.1.2).



Рисунок 1.1.2 – Схема монтажа минераловатного утеплителя

Вспененный синтетический каучук – очередной теплоизоляционный материал, обладающий уникальными характеристиками. Его можно назвать самым надежным видом теплоизоляции, на что указывает ряд причин [14]:

- Весьма длительное время службы, практически неограниченное
- Обладая широким диапазоном рабочих температур (от -200 °C до +175 °C), данный материал может использоваться в сложных эксплуатационных режимах, а так же в суровых условиях климата, где применение других видов теплоизоляционных покрытий затруднительно.
- Высокая стойкость к возникновению конденсата и образованию коррозии в связи с великолепной паро- и водонепроницаемостью даже при 100% влажности.

- Низкий коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0,034 \div 0,042$ Вт/(м · К)). Кроме того, перечисленные выше свойства позволяют сохранять как тепло, так и холод [15].

Помимо всех вышеперечисленных материалов следует также упомянуть пеностекло, которое хорошо зарекомендовало себя как технологичный и высокоэффективный материал. Основным недостатком пеностекла является его дороговизна, но вопреки этому использование данного материала практически никаким образом не влияет на повышение цены объекта в целом. Более того, за счет применения меньших объемов данного материала имеется возможность сократить значительную часть расходов при эксплуатации данного объекта в будущем [16]. Пеностекло, как и вспененный каучук, имеет такие хорошие свойства как высокая непроницаемость воде и пару, что практически полностью исключает какое-либо попадание влаги внутрь утеплителя. Это достаточно важный аспект, так как влага в утеплителе практически до нуля снижает его теплоизоляционные свойства, поэтому необходимо, чтобы утеплитель был сухим. Другие не менее важные плюсы данного вида теплоизоляции — это постоянство геометрических размеров, высокая прочность, отсутствие коррозии и широкий температурный диапазон, при котором пеностекло сохраняет свою структуру и свойства. Все это делает его приоритетным материалом при строительстве конструкций, на которых лежит большая ответственность. Например, в этот список входят огнезащитные конструкции. Стоит заметить его высокую сочетаемость при монтаже с другими строительными материалами благодаря высокой адгезии и хорошей жесткости. Благодаря этому не возникает больших трудностей в монтаже при сочетании пеностекла со стандартными мастиками и штукатурками [17]. Сравнительная характеристика свойств различных теплоизоляционных материалов представлена в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1 – свойства различных утеплителей [18]

Характеристика	Пенополи- стирол	Плиты из минваты	Керамзит	Газобетон	Пеностекло
Плотность, кг/м	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

1.2. Тонкопленочные теплоизоляционные покрытия

Наука не стоит на месте. В связи с этим с каждым годом на рынке продукции появляются новые и более совершенные виды изоляций, которые призваны обеспечить большую степень эффективности, сравнительно небольшую дороговизну и решить ряд инженерных задач, актуальных на сегодняшний день.

Из того, что было упомянуто выше, можно выделить один принципиально новый материал, который относительно недавно появился на отечественном рынке, и который уже зарекомендовал себя в сфере теплового снабжения и строительства. Это тонкопленочное изоляционное покрытие. Его также называют сверхтонкой или керамической теплоизоляцией. Оно представляет собой связующее вещество (как правило, в основном это акриловые полимеры, но также существуют композиции на водной основе), в состав которого в роли наполнителя входят разного вида микросферы при различных соотношениях концентрации. Такие материалы обладают физическими свойствами красок, но за счет внедрения в них микросфер, у них наблюдается пониженное значение коэффициента теплопроводности. Дан-

ные о коэффициентах теплопроводности у этих материалов везде разнятся и являются весьма противоречивыми. Так, например, в различных источниках, содержащих технические инструкции и указания по эксплуатации сверхтонкой жидкой теплоизоляции, коэффициент теплопроводности находится в интервале $\lambda = 0,001 \div 0,45 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, что говорит о слишком большом и неопределенном разбросе значений [19]. Поэтому оценка величины коэффициента теплопроводности тонкопленочных изоляционных покрытий и расширение области их применений являются достаточно актуальными задачами на данный момент.

Как было сказано выше, данный материал может состоять из полых сфер, заполненных воздухом или газовой фазой, вакуумированных либо сплошных микросфер разного диаметра. Они могут иметь керамический, силикатный или стеклянный состав, а также могут состоять из керамических элементов, пеностекла, перлита и разного рода наполнителей, которые в свою очередь и придают данному материалу пористую структуру и обеспечивают высокие теплоизоляционные свойства. Все вышеперечисленные элементы находятся в связующем вязком веществе (акриловом полимере), физические свойства которого похожи на краску.

По природе происхождения разделяют два типа микросфер. Микросферы первого типа производят путем сжигания угля, перемолотого до мелких частиц. Второй тип получают из заранее специально приготовленных расплавов стекла, которые в дальнейшем подвергают переохлаждению. Такие расплавы стекла называют фриттой. Если заводить речь о полых микросферах, то существуют тонкостенные и толстостенные микросферы. У тонкостенных микросфер толщина стенки обычно не превышает 10% от диаметра сферы, а достоинством является повышенный объем газовой или воздушной фазы внутри относительно толстостенных микросфер, за счет чего повышается эффективность изоляции. С другой стороны, недостатком по сравнению с толстостенными сферами является высокая хрупкость и низкая плотность тонкостенных микросфер [20]. На рисунке 1.1.3 изображена струк-

тура одного из видов энергосберегающей краски с полыми микросферами в акриловом полимере под микроскопом.

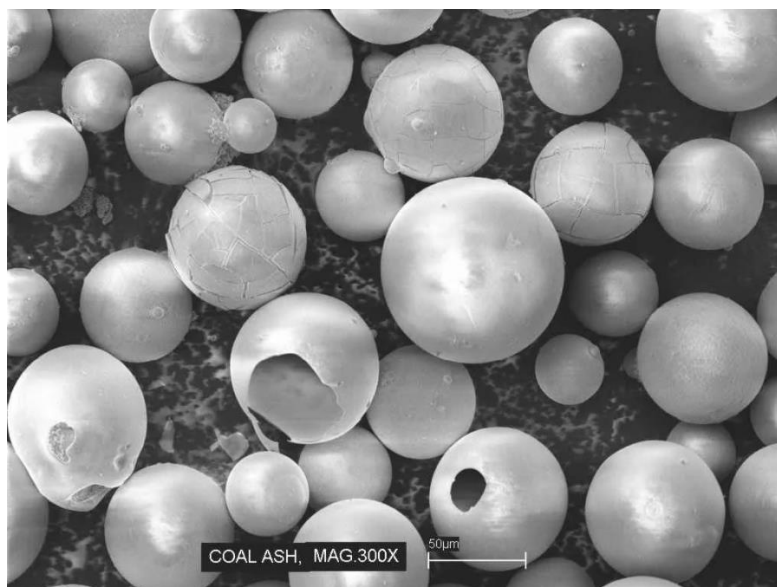


Рисунок 1.2.1 – структура энергосберегающей краски с полыми микросферами

Диаметры микросфер могут лежать в пределах 0,015-0,5 мм. В зависимости от состава и вида, данная энергосберегающая краска может растворяться водой либо органическими растворителями, например, ацетоном и различными спиртами. Следовательно, может являться как безвредной и нетоксичной, так и токсичной и представляющей какой-либо вред здоровью, а также окружающей среде в определенных обстоятельствах. Материал наносится с помощью кисти, валика или краскопульта тонким слоем. Нанесение последующих слоев производится только после полного высыхания предыдущих. Такая жидкая тонкопленочная изоляция имеет температуру эксплуатации в среднем от -60°C до 120°C и применима к достаточно широкому типу поверхностей, среди которых выделяют металл, дерево, кирпич, бетон и другие. Микросферы на данный момент в России изготавливаются в основном из боросиликатного стекла [21].

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

В настоящее время важность для успешного научного исследования имеет не только масштаб открытия, но и его коммерческая привлекательность.

Именно коммерческая ценность исследования – это главный показатель при привлечении средств финансирования и коммерциализации результатов исследования.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется превышением технических параметров над предыдущими разработками и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы: будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

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

4.1. Комплексный анализ научно-исследовательского проекта для исследования внутренней и внешней среды проекта

Внутренние сильные стороны

- Применение численного моделирования позволит уменьшить затраты при разработке теплоизоляционных конструкций;
- Применение полученных результатов в отрасли теплоснабжения;
- Получения новых, неопубликованных результатов.

Внутренние слабые стороны

- Ограниченная целевая аудитория;
- Перспектива замены оборудования.

Внешние угрозы

- Появление конкурентов в области программных разработок;

Внешняя среда

Спрос, характер спроса

Данное исследование позволит увеличить эффективность использования тепловой энергии, позволит уменьшить расход топлива на источнике производства.

Конкуренты

Конкурентами являются теоретики в области моделирования тепловых процессов в трубопроводах с использованием новых видов тепловой изоляции.

Поставщики

Поставщиками программного обеспечения для написания программ и обработки результатов является компания Comsol.

Контактная аудитория

Результаты научного исследования будут полезны тем, кто имеет отношение к проектированию теплоизоляции систем теплоснабжения. А также, компаниям, деятельность которых связана с теплообменным оборудованием.

Аудиторией влияния

Аудиторией влияния на программное обеспечение является администрация Томского Политехнического Университета.

Внутренняя среда

Проектный продукт и его характеристики

Продукт представляет собой программное обеспечение, результатами работы, которой является построение поля различных термодинамических параметров, зависящих от температуры в любой заданный промежуток времени.

Обеспеченность, потребность в основных средствах

Основными средствами является ЭВМ.

Оборотный капитал

Оборотный капитал отсутствует.

4.2. Выбор среды моделирования и экспертная оценка

Для разработки качественного программного продукта, выбор среды моделирования является одним из важнейших шагов. Именно от этого выбора будет зависеть качество конечного продукта, быстрота работы и т.д. Поэтому произведем сравнительный анализ нескольких сред моделирования.

Формулируется задача: найти аналитическую модель аттестации языка программирования, основывающуюся на его характеристиках.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

1. Распространенность
2. Простота написания
3. Актуальность
4. Размер программного кода
5. Простота проверки ошибок кода

Эксперты оценили характеристики товаров по 10 - ти бальной шкале (10 - max). Далее они оценили важность каждого критерия по 5 бальной шкале (bj).

Все данные представлены в таблицах 4.2.1 – 4.2.6.

Таблица 4.2.1 – Список языка программирования

№	Язык программирования
1	OpenFOAM
2	MDynaMix
3	Comsol
4	ANSYS

Таблица 4.2.2 – Оценка конкурентоспособности экспертом №1

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распространен- ность	Технические характеристики	Скорость работы	Сумма
OpenFOAM	8/1,6	7/1,4	8/0,8	9/2,25	7/1,75	7,8
MDynaMix	8/1,6	9/1,8	7/0,7	8/2	8/2	8,1
Comsol	9/1,8	9/1,8	8/0,8	8/2	7/1,75	8,15
ANSYS	7/1,4	8/1,6	7/0,7	6/1,5	8/2	7,2
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W_i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

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 $\frac{b_i}{b_{\Sigma}}$.

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

Таблица 4.2.3 – Оценка конкурентоспособности экспертом №2

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распространен- ность	Технические характеристики	Скорость работы	Сумма
OpenFOAM	7/1,4	7/1,4	8/0,8	9/2,25	7/1,75	7,6
MDynaMix	9/1,8	9/1,8	6/0,6	8/2	8/2	8,2
Comsol	9/1,8	10/2	8/0,8	8/2	7/1,75	8,35
ANSYS	6/1,2	9/1,8	6/0,6	7/1,75	8/2	7,35
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W_i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.2.4 – Оценка конкурентоспособности экспертом №3

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распространен- ность	Технические характеристики	Скорость работы	Сумма
OpenFOAM	8/1,6	7/1,4	7/0,7	8/2	7/1,47	7,17
MDynaMix	8/1,6	9/1,8	6/0,6	7/1,75	7/1,75	7,5
Comsol	8/1,6	10/2	8/0,8	8/2	7/1,75	8,15
ANSYS	8/1,6	8/1,6	7/0,7	7/1,75	8/2	7,01
Важность (b_i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W_i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.2.5 – Оценка конкурентоспособности экспертом №4

Фирма производитель	Простота	Универсаль- ность	Распространен- ность	Технические характеристики	Скорость работы	Сумма
OpenFOAM	7/1,4	8/1,6	7/0,7	9/2,25	7/1,75	6,94
MDynaMix	8/1,6	7/1,4	6/0,6	9/2,25	8/2	7,85
Comsol	9/1,8	9/1,8	7/0,7	8/2	7/1,75	8,05
ANSYS	9/1,8	9/1,8	6/0,6	8/2	9/2,25	8,45
Важность (b _i) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W _i)	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.2.6 – Итоговые экспертные оценки

Фирма производитель	Эксперт № 1	Эксперт №2	Эксперт №3	Эксперт №4	Средняя оценка
OpenFOAM	7,8	7,6	7,17	6,94	7,38
MDynaMix	8,1	8,2	7,5	7,85	7,91
Comsol	8,5	8,35	8,15	8,05	8,26
ANSYS	7,2	7,35	7,01	8,45	7,50

В итоге, по результатам четырех независимых экспертных оценок, самый худший результат получила программа Visual Basic, а высший средний бал по предоставленным критериям отбора получила среда моделирования Pascal.

4.3. Календарный план

Таблица 4.3.1 – Перечень работ с количеством необходимых дней

Код работы	Наименование работы	$t_{\min i}$, день	$t_{\max i}$, день	U, че- ловек	$t_{\text{ож}} i$, день
а	Составление и утверждение технического задания	1	1	1	1
б	Оформление технического задания	1	1	1	1
в	Подбор теоретической информации	4	8	1	5
г	Разработка программного обеспечения	3	4	1	5
д	Математическое моделирование	3	5	1	3
е	Проведение вычислений	4	5	1	3
ж	Анализ результатов	3	5	1	4
	Разработка экономической части				
з	SWOT - анализ	1	1	1	1
и	Экспертная оценка	1	1	1	1
к	Календарный план	1	1	1	1
л	Расчет стоимости	1	1	1	1
м	Анализ ресурсоэффективности	1	1	1	1
	Расчет БЖД				
н	Обеспечение пожарной безопасности	1	1	1	1
о	Обеспечение электробезопасности	1	1	1	1
п	Обеспечение микроклимата рабочего места	1	1	1	1
р	Оформление	3	4	1	3

Таблица 4.3.2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
	2	Оформление технического задания	Студент
Подбор и исследование ранее проведенных работ	3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент

Продолжение таблицы 4.3.2

Теоретические исследования	4	Разработка программного обеспечения	Студент
	5	Математическое моделирование	Студент
	6	Проведение вычислений	Студент
	7	Анализ результатов	Руководитель, студент
Разработка экономической части	8	SWOT - анализ	Студент
	9	Экспертная оценка	Студент
	10	Календарный план	Студент
	11	Расчет стоимости	Студент
	12	Анализ ресурсоэффективности	Студент
Расчет БЖД	13	Обеспечение пожарной безопасности	Студент
	14	Обеспечение электробезопасности	Студент
	15	Обеспечение микроклимата рабочего места	Студент
Оформление работы	16	Оформление	Студент

Таблица 4.3.3 – Календарный план

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _к ка л. дн	Продолжительность выполнения работ							
				Март						Апрель	
				1	2	3-9	10-15	16-21	22-31	1-11	12-17
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	1	+							
2	Оформление технического задания	Студент	1		+						

Продолжение таблицы 4.3.3

3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент	7			+					
4	Разработка программного обеспечения	Студент	6				+				
5	Математическое моделирование	Студент	6					+			
6	Проведение вычислений	Студент	10						+		
7	SWOT - анализ	Студент	1			+					
8	Экспертная оценка	Студент	1			+					
9	Календарный план	Студент	1				+				
10	Расчет стоимости	Студент	1						+		
11	Анализ ресурсоэффективности	Студент	1						+		
12	Обеспечение пожарной безопасности	Студент	1								+
13	Обеспечение электро-безопасности	Студент	1								+
14	Обеспечение микроклимата рабочего места	Студент	1								+
15	Анализ результатов	Студент	4							+	
16	Оформление	Студент	6								+

4.4. Смета проекта научного исследования

В таблице 4.4.1 представлено подробное описание расходов на материалы:

Таблица 4.4.1 – Расходы на материалы

Расходы	Ед. измерения	Цена	Кол-во	Итого
Канцтовары	-	-	-	930

Продолжение таблицы 4.4.1

Заправка картриджа	шт	400	1	400
Электроэнергия	кВт·ч	2,05	56,6	116
Итого:				1 446

Таблица 4.4.2 – Канцтовары

Наименование:	Цена
Бумага	400
Ручки	80
Флешка	450
Итого:	930

Таблица 4.4.3 – Потребления электроэнергии

Источник потребления	Мощность, кВт/ч	Кол-во часов	Итого:
Персональный компьютер	0,2	250	40
Освещение	0,05	80	4
Принтер и МФУ	0,05	2	0,1
Итого:			44,1

Таблица 4.4.4 – Амортизация

Объект	Норма в год	Стоимость	Величина в год	Кол-во часов	Сумма в час	Время работы, ч.	Стоимость амортизации
Персональный компьютер	33	40000	13333	1800	7,41	250	1852
Принтер и МФУ	20	7000	1400	350	4,00	2	8,00
Итого:							1860

$$\text{Норма амортизации} = \frac{1}{\text{Срок службы}} \cdot 100;$$

$$\text{Величина амортизации в год} = \frac{\text{Стоимость оборудования} \cdot \text{Норма амортизации}}{100};$$

$$\text{Сумма амортизации в час} = \frac{\text{Величина амортизации в год}}{\text{Количество часов работы в год}};$$

$$\text{Стоимость амортизации} = \text{Время работы} \cdot \text{Сумма амортизации в час}.$$

Зарплата и отчисление на соц. нужды:

Оплата работы руководителя ВКР почасовая. Норма времени на руководство ВКР бакалавра составляет 22 часа. В соответствии с временным положением о порядке нормирования труда научно-педагогических работников, тариф на почасовую оплату работы доцента составляет 250 руб./час,

Для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 г. Вводится пониженная ставка 28% (п. 6 ч. 1 ст. 58 Закона 212-ФЗ)

Значит, расходы на оплату труда определяются как:

$$C_{з.п.} = 22 \cdot 250 = 5500 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды $S_{с.н.} = 5500 \cdot 0,28 = 1540 \text{ руб.}$

Суммарные затраты составят: $C_{\text{сум}} = 5500 + 1540 = 7040 \text{ руб.}$

В итоге получим:

Таблица 4.4.5 – Смета проекта

	Суммарные затраты			
	Материалы	Зарплата и соц. отчисления	Амортизация	Сумма
Разработка программного обеспечения	1446	7040	1860	10346

Вывод по главе

Определены этапы и трудоемкость работы, составлен линейный график работ на основе рассчитанного для инженера и научного руководителя времени. Рассчитана смета затрат на научное исследование, таким образом, расходы на исследование составили $C = 10346 \text{ руб.}$

В результате проведения численного анализа тепловых потерь трубопровода с использованием тонкопленочных теплоизоляционных покрытий, был сделан вывод, наличие в конструкциях теплопроводов тепловых сетей теплоизоляции позволит минимизировать тепловые потери при их эксплуатации. Следовательно, затраты на научное исследование будут оправданы.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Социальная ответственность – ответственность перед людьми и данными им обещаниями. При этом организация берет во внимание интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние своей деятельности на работников, акционеров, поставщиков, заказчиков.

Социальная ответственность может проявляться на любом уровне – от индивида до государства. Конечно, мера и основания ответственности будут различаться. Корпоративная социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы.

Наименее изученным в настоящее время является феномен индивидуальной социальной ответственности, которая отличается тем, что данную ответственность несет не организация, а отдельная личность.

В процессе выполнения данной работы вопросы социальной ответственности затронули как непосредственных исполнителей работы (индивидуальная), так и Томский политехнический университет (корпоративная).

Данная выпускная квалификационная работа посвящена Численное исследование влияния геометрических характеристик микросфер тонкопленочных теплоизоляционных покрытий на тепловые потери теплотехнического оборудования.

Объектом исследования является нанесенный на трубопровод слой сверхтонкой теплоизоляции толщиной 0,33 мм, содержащий полые и полнотелые микросферы диаметром 50 и 70 мкм.

Выполнение дипломной работы проводилось на компьютере в аудитории № 48 учебного корпуса № 4 НИ ТПУ. В данном разделе будут рассмотрены вопросы техники безопасности и охраны труда компьютерной аудитории.

Длительная работа с компьютером влечет за собой головные боли, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в области шеи и в руках. Поэтому в процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха.

При работе за компьютером человек подвергается воздействию ряда факторов: монотонность трудового процесса, повышенный уровень статического электричества, повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, различного рода излучения, зрительное напряжение и др.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Режим рабочего времени

В соответствии с частью второй ст. 57, ст. 100 ТК РФ режим рабочего времени и времени отдыха устанавливается правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, а для работников, режим рабочего времени которых отличается от общих правил, установленных у данного работодателя, – трудовым договором [30].

При этом в силу прямого указания части первой ст. 100 ТК РФ режим рабочего времени должен предусматривать, в частности, продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, неполная рабочая неделя и т.п.), а также чередование рабочих и нерабочих дней [30].

Защита персональных данных работника

Персональные данные работника - это информация, необходимая работодателю в связи с трудовыми отношениями и касающаяся конкретного работника.

Главой 14 Трудового кодекса Российской Федерации в целях соблюдения конституционных норм и обеспечения прав и свобод человека и гражд-

данина предусмотрена защита персональных данных работника и их обработка, при этом законодателем определены общие требования при обработке персональных данных работника и гарантии их защиты работодателем и его представителем [30].

Права работника

Согласно ТК РФ, ФЗ № 197 – каждый работник имеет право на [30]:

1. обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
2. получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
3. 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;
4. обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
5. повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу с вредными и опасными условиями труда;

Требования к организации трудовой зоны регулируются:

- СанПиНом;
- СНиПом и т. д.

Эти нормы преследуют одну цель – они призваны обеспечить безопасные и комфортные условия труда на рабочих местах трудящихся, предупредить возникновение у них профессиональных заболеваний и несчастных случаев. Комплекс мероприятий, направленных на достижение этой цели,

принято называть охраной труда. Рассмотрим основные требования охраны труда к рабочему месту работника.

Негативное воздействие ПК

Многие сотрудники во время выполнения должностных обязанностей используют ПК. В связи с этим были разработаны специальные нормы, которые стоит учитывать при работе с компьютерной техникой. Требования к рабочему месту в офисе следующие:

- санитарные требования к организации рабочего места сообщают, что при работе с ПК с плоским монитором рабочая зона должна иметь площадь не менее 4,5 м². В случае использования кинескопического монитора – 6 м²;
- каждый час помещение должно проветриваться;
- санитарные требования к рабочему месту, находящемуся в подвальном помещении, утверждают, что использование ксероксов, принтеров и другой оргтехники недопустимо [33].

Требования, предъявляемые к рабочему месту

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [34]:

1. рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество;
2. рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте;
3. рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам.

Интерьер помещения

В соответствии с СН-181-70 рекомендуются следующие цвета окраски помещений: потолок – белый или светлый цветной; стены – сплошные, светло-голубые; пол – темно-серый, темно-красный или коричневый. Примене-

ние указанной палитры цветов обусловлено ее успокаивающим воздействием на психику человека, способствующим уменьшением зрительного утомления. При выполнении интерьера, обычно выбирают не более трех основных цветов небольшой насыщенности. Окраска оборудования и приборов, в основном, имеет светлые цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним [37].

5.2 Производственная безопасность

Таблица 5.2.1 – Выявление опасных и вредных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
	+	+	+	
1. Воздействие электрического тока. 2. Отклонение показателей микроклимата в помещении. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Воздействие электромагнитного излучения. 5. Повышенный уровень ультрафиолетовой и инфракрасной радиации. 6. Воздействие шума	+	+	+	1. С точки зрения электробезопасности (ГОСТ 12.1.030-81) оборудование, запитываемое напряжением выше 42 В. [38]. 2. Оптимальные и допустимые метеорологические условия температуры и влажности устанавливаются согласно ГОСТ 12.1.005-88 [39]. 3. В соответствии с характером выполняемых работ освещенность рабочего места по СНиП II-4-79 [40]. 4. Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [41]. 5. Оценки радиации МСанПиН 001-96[42]. 6. Общие требования к уровню шума изложены в ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [43].

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.

Данное исследование непосредственно связано с компьютером, а, следовательно, с дополнительным воздействием целой группы вредных и опасных факторов, что существенно снижает производительность труда.

Вредные факторы ультрафиолетового, инфракрасного и электромагнитного излучения

Монитор является сильным источником электромагнитного излучения, особенно его задние и боковые стенки, так как они не имеют специального защитного покрытия, которое есть у лицевой части экрана.

В рассматриваемой аудитории применяются мониторы с использованием плоских жидкокристаллических дискретных экранов. Спектр излучения компьютера включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области спектра, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Опасность рентгеновских лучей считается пренебрежимо малой, поскольку этот вид лучей поглощается веществом экрана.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10–100 мВт/м² [41, 42].

Воздействие микроклимата помещения

Особые требования предъявляются к микроклимату в помещении. Дело в том, что слишком высокая или чрезмерно низкая температура окружающего воздуха является одним из факторов, угнетающих работоспособность. Поэтому [31]:

- при температуре на улице ниже 10 °С в помещении должно быть не менее 22 – 24 °С тепла;
- при температуре на улице более 10 °С в помещении температура должна находиться в пределах 23 – 25 °С.

При несоблюдении этих нормативов продолжительность трудового дня сокращается согласно условиям СанПиНа 2.2.4.3359-16 от 21.06.2016 № 81 [32].

В соответствии с СН-245-71 в помещении должен быть организован воздухообмен. Для улучшения воздухообмена необходимо выполнить следующие технические и санитарно-гигиенические требования: общий объем

притока воздуха в помещении должен соответствовать объему вытяжки; правильное размещение приточной и вытяжной вентиляции [36].

Рабочее помещение предназначено для организации лёгкой категории работ 1а. Работа за компьютером производится сидя и не требует приложения физического напряжения или переноски тяжестей. Нормы метеорологических условий учитывают время года и характер производственного помещения.

Микроклимат на рабочем месте в производственных помещениях определяется согласно [31, 39] температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением и интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей.

В таблице 5.1.1.1 приведены нормы метеоусловий для категорий работ по тяжести 1а согласно [39].

Таблица 5.1.1.1 – Нормы метеоусловий

Холодный период года $t_{\text{нар}}^{\text{возд}}$ ниже +10, °C						Тёплый период года $t_{\text{нар}}^{\text{возд}}$ +10, °C					
Оптимальные			Допустимые			Оптимальные			Допустимые		
Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
22-24	40-60	Не более 0,1	20-25	15-75	Не более 0,3	23-25	40-60	Не более 0,1	21-28	15-75	0,1-0,2

Данное помещение не имеет искусственной вентиляции. Воздухообмен осуществляется за счёт естественного неорганизованного перемещения воздуха, направленного на вытяжку воздуха из помещения.

Влияние освещения на производительность труда

В СанПиНе 2.2.1/2.1.1.1278-03 прописаны нормативы для освещения. Так, освещенность в помещении должна быть в пределах от 300 до 500 люкс. Если же без искусственного освещения обойтись нельзя, начальник должен постараться, чтобы оно обеспечивало хорошую видимость информации, выдаваемой экраном ПК. В качестве устройств для местного освещения можно использовать светильники, устанавливаемые на столах [35].

В соответствии с санитарными нормами и правилами качественное освещение играет важную роль в обеспечении безопасной и продуктивной работы. Освещение влияет на общее состояние человека его безопасность и производительность труда. Максимальная производительность труда соответствует оптимальной освещенности. При недостаточной или непостоянной освещенности орган зрения вынужден напрягаться и приспосабливаться, что способствует ухудшению зрительного органа, потери внимательности, быстрой утомляемости человека [35, 40].

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. Также немаловажно наличие хорошего искусственного освещения, которое обеспечивает возможность работы в помещении в пасмурное или ночное время суток и при различных климатических условиях. Рассматриваемая аудитория относится к 1 группе, включающая помещения, в которых производится различение объектов зрительной работы при фиксированном направлении линии зрения, нормированное значение освещённости рабочей поверхности составляет 300 лк [40].

Поскольку естественное освещение не обеспечивает достаточную освещённость рабочих поверхностей, то используется так же и искусственное освещение за счёт люминесцентных ламп. Согласно [40] при организации естественного освещения мониторы должны быть расположены боковой стороной по отношению к оконным проёмам, так чтобы свет падал преимущественно слева. Для части рабочих мест в аудитории – это условие выполняется.

Воздействие шума

Максимальный порог уровня шума на производстве составляет 80 децибел. Эта информация содержится в СанПиНе 2.2.4.3359-16. В связи с этим требования к рабочему месту на производстве предусматривают при оборудовании помещения применение шумоизоляционных материалов [32].

Немаловажной частью обеспечения эффективной работы являются мероприятия по снижению уровня шума до комфортных значений. Шум оказывает негативное влияние на весь организм. Основным источником шумов в рассматриваемой аудитории является система охлаждения компьютерной техники. По характеру спектра данный шум является широкополосным. В соответствии с [32, 43] уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБ.

Воздействие электрического тока

Электробезопасность в производственных условиях обеспечивается соответствующей конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Травмы от поражения электрическим током могут быть получены в результате прикосновения человека к незаземленным токопроводящим элементам оборудования, случайного поражения статическим электричеством, образовавшемся на элементах электрооборудования, или в результате пробоя изоляции токопроводящих частей. Так же одной из причин является несоблюдение техники безопасности и правил эксплуатации оборудования.

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.

Обеспечение снижения уровня электромагнитного излучения

Способы защиты от электромагнитного излучения компьютера:

а) как можно чаще прерывать работу, а также по возможности максимально сократить время работы за компьютером;

б) монитор и системный блок должен находиться как можно дальше от человека.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера [41] представлены в таблице 5.2.2.1.

Таблица 5.2.2.1 – Допустимые уровни ЭМП

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

Обеспечение надлежащего микроклимата в помещении

Количество приточного воздуха при естественной вентиляции должно быть не менее 30 м³/ч на одного человека, при объёме помещения приходящегося на него менее 20 м³. В рассматриваемом помещении располагается 9 рабочих мест при объёме помещения равном 252 м³. Таким образом, на каждого человека приходится приблизительно 28 м³ пространства помещения. Таким образом, естественный воздухообмен не обеспечивает необходимые санитарные нормы и требует повышения качества вентиляции. Повышения качества вентиляции можно осуществить путём установки систем механической вентиляции и кондиционирования. Допустимые нормы по запылённости должны соответствовать санитарным нормам для ПДК веществ 4-ого класса опасности, более 10 мг/м³, и требуют влажной ежедневной двухразовой уборкой пола в помещении [36, 39].

Обеспечение санитарных норм по освещению

Для обеспечения комфортной работы на всех рабочих местах ниже приведен расчет искусственного освещения рабочего помещения. Для обеспечения равномерного освещения в помещении используется общее освещение, т.к. нет необходимости в лучшем освещении отдельных участков.

В рабочем помещении, имеющем размеры: длину А, ширину В, высоту Н, используется система общего искусственного люминесцентного освещения и выполняется работа, требующая освещенности 300 лк. Дополнительные данные: высота рабочей поверхности - h_p , коэффициент отражения стен ρ_c , потолка - ρ_n , коэффициент запаса К, коэффициент равномерности освещения – Z.

Таблица 5.2.2.2 – Исходные данные

A(м)	B(м)	H(м)	h_p (м)	ρ_c (%)	ρ_n (%)	К	Z
9	8	3,5	0,9	30	50	1,8	1,1

Площадь помещения: $S = A \cdot B = 9 \cdot 8 = 72 \text{ м}^2$. Расстояние светильников от перекрытия (свес) примем $h_c=0,5$ м. Выбираем светильники типа ОД с интегральным критерием оптимальности расположения светильников $\lambda = 1,4$.

Тогда:

– высота светильника над рабочей поверхностью находится по формуле:

$$h = H - h_c - h_p = 3,5 - 0,5 - 0,9 = 2,1 \text{ м};$$

– расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,1 = 2,94 \text{ м};$$

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду установлено по пять светильников типа ОД мощностью 30 Вт (с длиной 0,933 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рис.5.2.2.1). Учитыв-

вая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 20$.

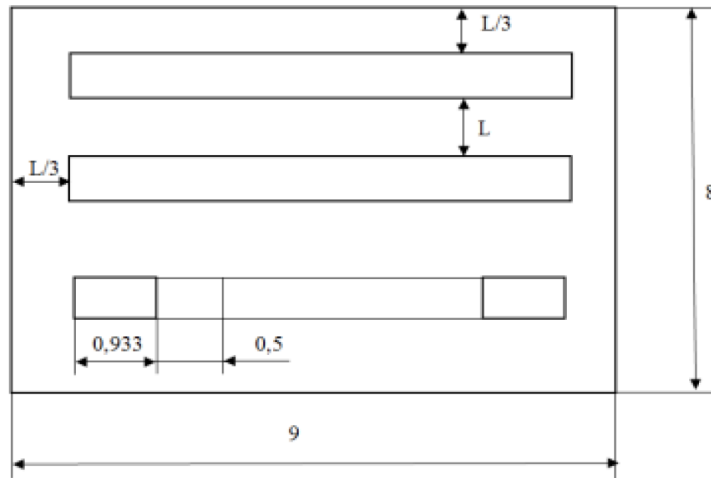


Рисунок 5.2.2.1 – Размещение искусственного освещения в рабочем помещении

Определим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{72}{2,1 \cdot (9 + 8)} = 2.$$

Определим η с учетом типа светильника и значений ρ_c и ρ_p : $\eta = 0,43$.

Определим световой поток лампы Φ по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛХБ 80 Вт с потоком 5000 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq \pm 20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq 0,54\% \leq \pm 20\%.$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 20 \cdot 80 = 1600 \text{ Вт}$$

Оптимальное светораспределение обеспечивается применением закрытых четырёхламповых светильников с использованием люминесцентных ламп типа ЛБ. Созданное в аудитории искусственное освещение обеспечива-

ет возможность работы в помещении в любое время суток и при любых метеоусловиях.

Обеспечение санитарных норм по уровню шума

В качестве мер по снижению уровня шума используется размещение вентиляторов в защитном кожухе внутри корпуса, либо улучшение конструкции персональных компьютеров.

Обеспечение электробезопасности

В связи с изложенными выше опасностями к самостоятельной работе в компьютерной аудитории допускаются лица, не моложе 18 лет, которые прошли инструктаж по технике безопасности. В рассматриваемом помещении, с целью снижения рисков поражения электрическим током, в оборудовании применяется изоляция токопроводящих элементов. Оборудование, находящееся под напряжением, имеет защитные кожухи, т.е. корпуса компьютеров. Они обеспечивают защиту от случайного прикосновения к токопроводящим элементам компьютера, а также предохраняют оборудование от попадания в него посторонних предметов и влаги.

Для предупреждения и предотвращения электрическим током в помещении применяются следующие мероприятия:

- а) контроль состояния и своевременное устранение неисправности оборудования;
- б) регулярная проверка изоляции;
- в) соблюдение техники безопасности и правил работы с оборудованием;
- г) установка защитных устройств, таких как автоматические выключатели и сетевые фильтры.

На основе предыдущих исследований можно сделать вывод, что согласно действующими правилами устройства электроустановок данное помещение относится к помещениям с повышенной опасностью. В нём отсутствует искусственная вентиляция, а естественная не обеспечивает необходи-

мой циркуляции воздуха, что приводит к периодическому длительному повышению температуры воздуха свыше 30 °С.

5.3 Экологическая безопасность

Защита организма человека от действия электромагнитных излучений предполагает снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые.

В помещении, в котором осуществляется процесс проектирования, используется офисная техника: компьютеры; принтеры; сканеры. Она относится к классу высокотехнологичных изделий. При эксплуатации компьютерной техники к расходным материалам, не подлежащим восстановлению, относятся: манипулятор «мышь», клавиатура.

Клавиатура и манипулятор более чем на 90 % состоят из пластика. Срок эксплуатации, по данным производителей, составляет примерно 5 лет. При эксплуатации копировальной техники и принтеров остаются использованные картриджи, состоящие примерно на 90 % из пластика. Большинство моделей картриджей рассчитано на одноразовое использование и дополнительной заправке не подлежат. По окончании срока эксплуатации использованные картриджи должны передаваться на восстановление в специализированные предприятия, однако в реальной ситуации картриджи поступают в отходы.

В результате эксплуатации офиса образуются твердые бытовые отходы, в состав которых входит бумага, картон, пластик, люминесцентные лампы которые утилизируются отдельно от бытовых отходов. Разумным подходом к утилизации твердых бытовых отходов является организации вторичной переработки вместо вывоза аппаратуры на свалки.

Таким образом, удастся получить некоторое количество ценных материалов, пригодных для повторного использования в качестве сырья, исключая стадию их добычи или изготовления. Данный способ позволят сократить расходы производства и снизить нагрузку на окружающую среду за счет

уменьшения технологического цикла. Утилизация офисной техники с помощью профессионалов, позволяет обеспечить стабильное функционирование процессов производства с использованием вторичных материалов.

Разработанное исследование использования новых видов тепловой изоляции в энергетике на различных источниках тепловой энергии и тепловых сетях.

5.4 Обеспечение безопасности при ЧС

Компьютерная аудитория оборудована различными электрическими приборами, такими как персональные ЭВМ, системы освещения, неисправность или неправильное использование которых могут привести к короткому замыканию, что может привести к возгоранию. Установлены [44] общие требования пожарной безопасности к объектам защиты различного назначения.

Причины возникновения пожара в компьютерной аудитории могут быть:

1. Открытый огонь;
2. Электрические повреждения (короткое замыкание и т. д.).

Первая группа причин, включающая обращение с "открытым" и "закрытым" огнём, курение в неположенных местах, оставление без присмотра электронагревательных приборов и устройств. В целях противопожарной безопасности необходимо соблюдение предупредительных мер. Допускается работа только на исправных установках и приборах. К работе могут допускаться лица, прошедшие инструктаж, по технике безопасности. Здание 4-го корпуса НИ ТПУ относится к группе негорючих помещений. Согласно нормам первичных средств пожаротушения ППР - 2012 с учётом наличия электроустановок напряжением до 1000 В, на 100 м² должны быть: один углекислотный огнетушитель типа ОУ-2, ОУ-5 или ОУ-8. Категория по пожарной опасности – В.

Вторая группа причин:

1. Короткие замыкания. В таких случаях сила тока достигает больших величин и сопровождается динамическим и тепловым воздействием;
2. Увеличение переходного сопротивления в местах соединения ответвлений, контактов, что вызывает местный нагрев, перегрев, воспламенение изоляции;
3. Неисправность электроустановок и электросетей, а также неправильное устройство электросетей и электрооборудования.

В этих случаях в аудитории предусмотрено аварийное отключение. На распределительном щите имеется рубильник, с его помощью можно обесточить всё электрооборудование в помещении

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
2. Курить только в отведённых для этого местах;
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами и вызвать по телефону "01" (010 для мобильной связи) пожарную команду;
4. Сотрудники аудитории должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной клетки (рис. 5.4.1).

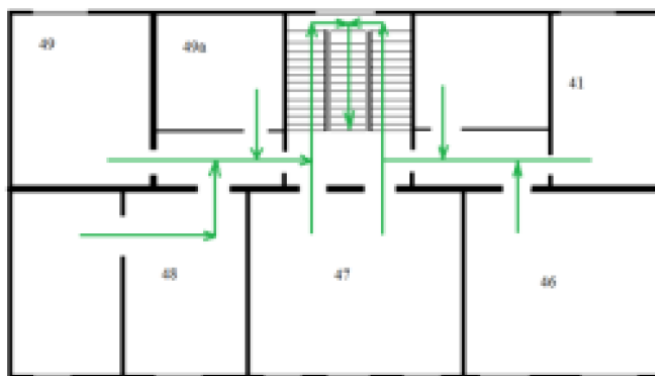


Рисунок 5.4.1 – План эвакуации при пожаре

Вывод по главе

После проведенного анализа основных вредных и опасных факторов в исследуемой аудитории можно сделать вывод, что в ней предусмотрены все необходимые меры по предотвращению возможностей возникновения ЧС и снижению их последствий. В аудитории установлены средства обнаружения возгорания и оповещения, а в непосредственной близости от помещения расположены средства первичного пожаротушения. Электрооборудование заключено в защитные кожухи, токопроводящие элементы имеют изоляцию. Помещение снабжено аварийным выключателем для обесточивания оборудования.

В помещении обеспечивается низкий уровень электромагнитного излучения, запылённости и шума. Основным недостатком данного помещения, ухудшающим условия труда, является отсутствие искусственной вентиляции, а также недостаточно приемлемый уровень освещённости с использованием совместного освещения. В тёплое время года недостаточный приток свежего воздуха приводит к периодическому превышению допустимой температуры в аудитории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено численное исследование влияния геометрических характеристик микросфер тонкопленочных теплоизоляционных покрытий на тепловые потери теплотехнического оборудования.

Результаты численного моделирования позволяют сделать вывод о влиянии на тепловые потери геометрических характеристик микросфер и состава тонкопленочного теплоизоляционного покрытия. Наибольшие тепловые потери имеет слой тонкопленочной изоляции с полнотелыми микросферами диаметром 70 мкм, наименьшие – слой с полыми микросферами того же размера, что напрямую говорит о непосредственном влиянии геометрических характеристик микросфер и структуры (полые или полнотелые) микросфер.

Установлено, что применение полых микросфер большего диаметра для тонкопленочной теплоизоляции по сравнению со стеклянными микросферами приводит к более существенному снижению тепловых потоков. Это обстоятельство объясняется, прежде всего, размером полости микросферы и теплофизическими свойствами газовой фазы, находящейся внутри.

Анализ результатов численного моделирования позволяет сделать вывод о том, что наиболее вероятный тип микросфер, используемых в тонкопленочном теплоизоляционном покрытии – полые микросферы с наибольшим возможным размером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гашо Е. Г. Энергия без опасности // Энергия: техника, энергетика, экология, 2001. №8, с. 6–12.
2. Андрижиевский А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учебное пособие / Андрижиевский А. А., Володин В. И. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2005. – 294 с.
3. Литвак В. В., Вагнер М. А. Энергосбережение: учебное пособие. – Томск: СТТ, 2012 – 212 с.
4. Родионов В. Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. – М.: ЭНАС, 2010. – 352 с.
5. Кудинов А. А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / Кудинов А. А., Зиганшина С. К. – Москва: Машиностроение, 2011. – 373 с.
6. Петрикеева Н. А. Определение оптимальной толщины теплоизоляционного слоя трубопроводов систем теплоснабжения / Петрикеева Н. А., Копытин А. В., Попов Н. О. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 1. – с. 15–23.
7. Петрикеева Н. А. Экологический эффект при полном сгорании топлива в котельных установках / Петрикеева Н. А., Кузнецов С. Н. // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2013. – № 1 (29). – с. 108–113.
8. Налобин Н. В. Оптимизация толщины ППУ-изоляции теплопроводов в системах теплоснабжения объектов на севере Западной Сибири: дис. канд. техн. наук / Налобин Н. В. – Тюмень, 2007. – 138 с.
9. Петрикеева Н. А. Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках / Петрикеева Н. А. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – Т. 2, № 4 (17). – с. 76–80.
10. Бессонов И. В., Старостин А. В., Оськин В. М. Эксплуатационная пригодность стекловолоконистой теплоизоляции // Строительные материалы. 2010. №5. с. 37–40.

11. Гурьев В. В. Тепловая изоляция в промышленности. Теория и расчет / Гурьев В. В., Жолудов В. С., Петров-Денисов В. Г. – М.: Стройиздат, 2003. – 416 с.
12. Денисов А. В. Жесткие пенополиуретаны теплоизоляционного назначения / Денисов А. В. // Строительные материалы. – 2005. – №6. – с. 21–22.
13. Костиков В. И. Базальтоволокнистые материалы / Костиков В. И., Смирнов Л. П. М.: Информконверсия, 2001. 307 с.
14. Бабичева Л. К., Акмурзина Д. Э., Теплоизоляция резервуаров с нефтью и нефтепродуктами //Аллея науки. 2017. № 9. Т.4. с. 283–289.
15. Пехович А. И., Жидких В. М. Расчеты теплового режима твердых тел. Л.: Энергия, 1976. – 351 с.
16. ОАО «Гомельстекло»: блоки теплоизоляционные из пеностекла // Стекло мира. – 2011. – № 2. – с. 79–81.
17. Мальцев В. В. Пеностекло, как эффективный экологически безопасный утеплитель в деревянном домостроении // Стекло и современные технологии – XXI: доклад на международной конференции. – 26.10.2011.
18. Пеностекло. Научные основы и технология / Минько Н. И., Пучка О. В., Бессмертный В. С., Мелконян Р. Г. – Воронеж: Изд-во: «Научная книга», 2008. – 167 с.
19. Рыженков В. А., Логинова Н. А., Прищепов А. Ф. Эффективность тонкопленочных теплоизоляционных покрытий при использовании микросфер для систем теплоснабжения // Надежность и безопасность энергетики. – 2012. –№2. –с. 61–63.
20. Рыженков В. А., Логинова Н. А., Прищепов А. Ф. Определение коэффициента теплопроводности тонкопленочного теплоизоляционного покрытия при различных диаметрах газонаполненных микросфер // Надежность и безопасность энергетики. –2010. –№2. –с. 28–30.
21. Артамонова М. В. Основы технологии стекла. М.: Главмоспромстройматериалы, –1977. –75 с.

22. Гува А. Я. Краткий теплофизический справочник. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.
23. Шайдуров В. В. Многосеточные методы конечных элементов. М.: Наука, 1989. – 288 с.
24. Пехович А. И., Жидких В. М. Расчеты теплового режима твердых тел. Л.: Энергия, 1976. – 351 с.
25. Огородников А. С. Моделирование в среде MATLAB - COMSOL 3.5a: учебное пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2012.
26. Половников В. Ю., Иванов М. А., Чуйко Н. С. Теплоперенос в слое тонкопленочной тепловой изоляции с учетом разнородности свойств микросфер и связующих веществ // Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития: сборник научных трудов международной научной конференции, г. Томск, 12–16 ноября 2018 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – с. 76–77.
27. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
28. Бабичев Н. А. Физические величины: Справочник. – М.: Энергоатомиздат. –1991. –1232 с.
29. Childs G. E., Hanley H. J. M. // Cryogenics. 1968. Vol. 8, №2. P.94 – 97.
30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
31. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
32. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
33. СанПиН 2.2.2.1332-03. Гигиенические требования к организации работы на копировально-множительной технике.

34. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

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

36. СН-245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

37. СН 181-70. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

38. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

39. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

40. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение.

41. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

42. МСанПиН 001-96. Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях

43. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

44. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.