

Школа Инженерная Школа Энергетики  
 Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н.Бутакова

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
Оценка тепловых потерь в подземных тепловых сетях по известной температуре поверхности земли над прокладкой

УДК 697.343:662.614.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Половников Вячеслав Юревич	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора Игнат Валерьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

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

Школа Инженерная Школа Энергетики  
 Направление подготовки (специальность) Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н.Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б5Б	Тимраляеву Эмилю Фаридовичу

Тема работы:

Оценка тепловых потерь в подземных тепловых сетях по известной температуре поверхности грунта

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – тепловые потери бесканальных теплопроводов.</p> <p>Предмет исследования – температура на поверхности грунта над прокладкой.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор и анализ научных статей по направлению исследования с целью выяснения достижений в рассматриваемой области.  Решение двумерной задачи теплопроводности для слоя тепловой изоляции.  Сопоставление полученных результатов с экспериментальными данными.</p>
--	---

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

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
<b>Основной раздел</b>	<b>Половников Вячеслав Юревич</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	<b>Подопригора Игнат Валерьевич</b>
<b>Социальная ответственность</b>	<b>Сотникова Анна Александровна</b>

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

--

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

**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
5Б5Б	Тимраляев Э.Ф.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович

Школа	Инженерная Школа Энергетики	Отделение школы (НОЦ)	Научно-образовательный центр И.Н.Бутова
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	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	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

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

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

**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

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович

Школа	Отделение школы (НОЦ)	и
Уровень образования	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника
бакалавриат		

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

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:
- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)
  - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)
  - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)
  - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме

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

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
  - действие фактора на организм человека;
  - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
  - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
- механические опасности (источники, средства защиты);
  - термические опасности (источники, средства защиты);
  - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
  - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

3. Охрана окружающей среды:
- защита селитебной зоны
  - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
  - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);

<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 80 с., 17 рис., 24 табл., 33 источника.

Ключевые слова: теплоперенос, тепловые потери, бесканальные теплопроводы, математическое моделирование, тепловые сети.

Объектом исследования является тепловые потери бесканальных теплопроводов.

Цель работы – изучение тепловых потерь бесканальных трубопроводов по известной температуре на поверхности грунта над прокладкой при различных температурных режимах и диаметрах теплопровода.

В ходе исследования с помощью функций и средств, имеющихся в пакете программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics, было проведено моделирование теплопереноса в системе «подземный бесканальный двухтрубный теплопровод - окружающая среда».

Приведены результаты численного анализа тепловых режимов и тепловых потерь бесканальных подземных тепловых сетей. Установлены закономерности теплопереноса в рассматриваемой системе и факторы, влияющие на интенсификацию потерь тепловой энергии.

## Оглавление

Введение .....	10
1. Методы оценки тепловых потерь в тепловых сетях .....	12
1.1 Нормативный метод расчета тепловых потерь в тепловых сетях .....	12
1.2 Численное моделирование тепловых режимов теплопроводов .....	22
2. Постановка задачи оценки тепловых потерь бесканальных теплопроводов по известной температуре на поверхности грунта над прокладкой.....	27
2.1 Общая физическая постановка задачи.....	27
2.2 Математическая модель .....	29
2.3 Метод решения.....	37
3. Численный анализ тепловых потерь бесканальных теплопроводов по известной температуре поверхности грунта над прокладкой. ....	33
3.1 Исходные данные.....	33
3.2 Результаты численного анализа тепловых потерь бесканальных теплопроводов по известной температуре на поверхности грунта. ....	34
Заключение .....	42
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. ....	44
4.1 Введение .....	44
4.2 Комплексный анализ научно-исследовательского проекта для исследования внутренней и внешней среды проекта .....	45
4.3 Выбор среды моделирования и экспертная оценка.....	46
4.4 Календарный план .....	50
4.5 Смета проекта научного исследования .....	54

4.6 Основная заработная плата исполнителей проекта .....	55
5 Социальная ответственность .....	62
Введение .....	62
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	63
5.2 Производственная безопасность .....	66
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	67
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	70
5.3 Экологическая безопасность .....	74
5.4 Обеспечение безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	75
Список литературы: .....	78

## Введение

Тепловые сети предприятий или городских микрорайонов, обеспечивающие подачу тепловой энергии конкретным потребителям (абонентам) для целей отопления, являются достаточно сложными теплогидравлическими системами, включающими, помимо собственно трубопроводов различного диаметра, регулиующую арматуру, насосы, смесительные устройства, отопительные приборы. При проектировании жилых зданий, промышленных объектов тепловая сеть рассчитывается таким образом, чтобы ее гидравлические характеристики обеспечивали заданную температуру воздуха внутри помещений в широком диапазоне сезонного изменения температуры наружного воздуха при качественном регулировании (регулировании соответствующим изменением температуры теплоносителя) [1].

В системах централизованного теплоснабжения транспортировка тепла от теплоисточника до потребителей связана с потерями тепловой энергии, в том числе через тепловую изоляцию трубопроводов тепловых сетей. По опыту проведения энергетических обследований [2–5] величина тепловых потерь при транспортировке теплоносителя в существующих тепловых сетях составляет 15 – 30% в зависимости от времени года.

Передача и распределение тепловой энергии от источника теплоты до потребителя сопровождается потерями через изоляцию в окружающую среду. Эти потери составляет большую часть от передаваемой энергии (20% теплоты от теплоисточника). Определение теплотерь через теплоизоляцию производится согласно действующей методике [6–8]. При этом в случаях, когда потребитель не оснащен приборами учета количества отпущенной теплоты, теплотери определяются как разность величин отпущенной теплоисточником энергии и величины определенных расчетом теплотерь [4,5]. Также следует учитывать, что фактическое состояние конструкций тепловых сетей и окружающих грунтов в случае подземной прокладки может существенно отличаться от нормативных показателей. Очевидна

необходимость разработки методик измерения тепловых потерь в ходе работы сетей. Причем методики должны опираться на инструментальные замеры определяющих параметров, как, например, предлагается в [4], где теплотери для потребителей, имеющих измерительные приборы, определяются показаниями теплосчетчиков, а для потребителей, не имеющих приборов, расчетным путем. Следует учесть, что периодические испытания отдельных участков тепловых сетей с экстраполяцией полученных результатов на остальные сети не могут учесть все действующие факторы.

## **1. Методы оценки тепловых потерь в тепловых сетях**

### **1.1 Нормативный метод расчета тепловых потерь в тепловых сетях**

Определение потерь тепла при транспортировке теплоносителя является важной задачей, результаты решения которой влияют на процесс формирования тарифа на тепловую энергию (ТЭ). Поэтому знание этой величины позволяет правильно выбирать мощности основного и вспомогательного оборудования ЦТП и, в конечном счете, источника ТЭ. Величина тепловых потерь при транспорте теплоносителя может стать решающим фактором при выборе структуры системы теплоснабжения с возможной ее децентрализацией, выборе температурного графика ТС и др. Определение реальных тепловых потерь и сравнение их с нормативными значениями позволяет обосновать эффективность проведения работ по модернизации ТС с заменой трубопроводов или их изоляции [9–14].

Зачастую величина относительных тепловых потерь принимается без достаточных на то обоснований. На практике задаются значениями относительных тепловых потерь часто кратными пяти (10 и 15%). Следует отметить, что в последнее время все больше муниципальных предприятий проводят расчеты нормативных тепловых потерь [6–7], которые, и должны определяться в обязательном порядке. Нормативные потери тепла напрямую учитывают основные влияющие факторы: длину трубопровода, его диаметр и температуры теплоносителя и окружающей среды.

Нормативные тепловые потери должны рассчитываться для всей ТС с определением потерь тепла с утечками теплоносителя и с поверхности изоляции всех трубопроводов, по которым осуществляется теплоснабжение от имеющегося источника тепла. Причем эти расчеты должны выполняться как в плановом (расчетном) варианте с учетом среднестатистических данных по температуре наружного воздуха, грунта, продолжительности отопительного периода и т.д., так и уточняться в конце его по фактическим

данным указанных параметров, в том числе с учетом фактических температур теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе [15].

При расчете нормативных потерь не учитывается реальное потокораспределение в сети и связанное с ним распределение температур по длине трубопроводов. При расчете нормативных потерь считается, что температура теплоносителя постоянна по всей длине сети, и таким образом не учитывается снижение температурного напора из-за остывания теплоносителя в процессе движения по трубопроводам [15].

Методика расчета базируется на данных о нормативных теплопотерях водяных трубопроводов в зависимости от типа прокладки, диаметров трубопроводов, температуры теплоносителя [6 –8,15].

Расчет толщины теплоизоляционного слоя производится:

- по нормированной плотности теплового потока через изолированную поверхность;
- по заданной величине теплового потока;
- по заданной величине охлаждения (нагрева) вещества, сохраняемого в емкостях в течение определенного времени;
- по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами;
- по заданному количеству конденсата в паропроводах;
- по заданному времени приостановки движения жидкого вещества в трубопроводах в целях предотвращения его замерзания или увеличения вязкости;
- по температуре на поверхности изоляции. Температура на поверхности тепловой изоляции трубопроводов, расположенных за пределами рабочей или обслуживаемой зоны, не должна превышать температурных пределов применения материалов покровного слоя, но не выше 75°C;

- с целью предотвращения конденсации влаги из окружающего воздуха на покровном слое тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, содержащих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха. Данный расчет следует выполнять только для изолируемых поверхностей, расположенных в помещении. Расчетная относительная влажность воздуха принимается в соответствии с заданием на проектирование, но не менее 60 %;
- с целью предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях объектов, транспортирующих газообразные вещества, содержащие водяные пары или водяные пары и газы, которые при растворении в сконденсировавшихся водяных парах могут привести к образованию агрессивных продуктов.

Для плоской поверхности и цилиндрических объектов диаметром 2 м и более толщина теплоизоляционного слоя  $\delta_k$ , м, определяется по формуле:

$$\delta_k = \lambda_k R_k; \quad R_k = R_{tot} - \frac{1}{\alpha_e} - R_m, \quad (1.1.1)$$

где  $\lambda_k$  – теплопроводность теплоизоляционного слоя, определяемая по пп. 1.11, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$R_k$  – термическое сопротивление теплоизоляционной конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$R_{tot}$  – сопротивление теплопередачи теплоизоляционной конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$\alpha_e$  – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$R_m$  – термическое сопротивление неметаллической стенки объекта, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Для цилиндрических объектов диаметром менее 2 м толщина теплоизоляционного слоя определяется по формуле:

$$\delta_k = \frac{d}{2}(B-1), \quad (1.1.2)$$

$$\ln B = 2\pi\lambda_k \left[ r_{tot} - r_m - \frac{1}{\alpha_e \pi (d + 0,1)} \right], \quad (1.1.3)$$

где  $B = \frac{d_i}{d}$  – отношение наружного диаметра изоляционного слоя к наружному диаметру изолируемого объекта;

$r_{tot}$  – сопротивление теплопередачи на 1 м длины теплоизоляционной конструкции цилиндрических объектов диаметром менее 2 м, (м·°С)/Вт;

$r_m$  – термическое сопротивление стенки трубопровода, определяемое по формуле (1.1.15);

$d$  – наружный диаметр изолируемого объекта, м.

Величины  $R_{tot}$  и  $r_{tot}$  в зависимости от исходных условий определяются по формулам:

а) по нормированной поверхностной плотности теплового потока

$$R_{tot} = \frac{t_w - t_e}{qK_l}, \quad (1.1.4)$$

где  $t_w$  – температура вещества, °С;

$t_e$  – температура окружающей среды, °С;

$q$  – нормированная поверхностная плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;

$K_l$  – коэффициент, принимаемый по обязательному приложению 10;

по нормированной линейной плотности теплового потока:

$$r_{tot} = \frac{t_w - t_e}{q_e K_l}, \quad (1.1.5)$$

где  $q_e$  – нормированная линейная плотность теплового потока с 1 м длины цилиндрической теплоизоляционной конструкции, Вт/м;

б) по заданной величине теплового потока

$$R_{tot} = \frac{(t_w - t_e)AK_{red}}{Q}, \quad (1.1.6)$$

где  $A$  – теплоотдающая поверхность изолируемого объекта, м<sup>2</sup>;

$K_{red}$  – коэффициент, учитывающий дополнительный поток теплоты через опоры;

$Q$  – тепловой поток через теплоизоляционную конструкцию, Вт;

$$r_{tot} = \frac{(t_w - t_e)lK_{red}}{Q}, \quad (1.1.7)$$

где  $l$  – длина теплоотдающего объекта (трубопровода), м;

в) по заданной величине охлаждения (нагрева) вещества, сохраняемого в емкостях

$$R_{tot} = \frac{3,6(t_{wm} - t_e)ZAK_{red}}{(V_m \rho_m c_m + V_w \rho_w c_w)(t_{w1} - t_{w2})}, \quad (1.1.8)$$

где  $3,6$  – коэффициент приведения единицы теплоемкости, кДж/(кг·°С) к единице Вт·ч/(кг·°С);

$t_{wm}$  – средняя температура вещества, °С;  $Z$  – заданное время хранения вещества, ч;  $V_m$  – объем стенки емкости, м<sup>3</sup>;  $\rho_m$  – плотность материала стенки, кг/м<sup>3</sup>;  $c_m$  – удельная теплоемкость материала стенки, кДж/(кг·°С);  $V_w$  – объем вещества в емкости, м<sup>3</sup>;  $\rho_w$  – плотность вещества, кг/м<sup>3</sup>;  $c_w$  – удельная теплоемкость вещества, кДж/(кг·°С);  $t_{w1}$  – начальная температура вещества, °С;  $t_{w2}$  – конечная температура вещества, °С;

г) по заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами:

$$\text{при } \frac{t_{w1} - t_e}{t_{w2} - t_e} > 2 \quad r_{tot} = \frac{3,6lK_{red}}{G_w c_w \ln \frac{t_{w1} - t_e}{t_{w2} - t_e}}, \quad (1.1.9)$$

$$\text{при } \frac{t_{w1} - t_e}{t_{w2} - t_e} < 2 \quad r_{tot} = \frac{3,6lK_{red}(t_{wm} - t_e)}{G_w c_w (t_{w1} - t_{w2})}, \quad (1.1.10)$$

где  $G_w$  – расход вещества, кг/ч.

Формулы (1.1.9), (1.1.10) применяются для газопроводов сухого газа, если отношение  $\frac{t_{w1}}{P} < 5$ , где  $P$  – давление газа, МПа. Для паропроводов перегретого пара в знаменатель формулы (1.1.10) следует поставить произведение расхода пара на разность удельных энтальпий пара в начале и конце трубопровода;

д) по заданному количеству конденсата в паропроводе насыщенного пара

$$r_{tot} = \frac{3,6(t_w - t_e)1K_{red}}{G_w m r_p}, \quad (1.1.11)$$

где  $m$  – коэффициент, определяющий допустимое количество конденсата в паре;

$r_p$  – удельное количество теплоты конденсации пара, кДж/кг;

е) по заданному времени приостановки движения жидкого вещества в трубопроводе в целях предотвращения его замерзания или увеличения вязкости

$$r_{tot} = \frac{3,6ZK_{red}}{\frac{2(t_{w1} - t_{w2})(V_w' \rho_w c_w + V_m' \rho_m c_m)}{t_w + t_{wz} - 2t_e} + \frac{0,25V_w' \rho_w r_w}{t_{wz} - t_e}}, \quad (1.1.12)$$

где  $Z$  – заданное время приостановки движения жидкого вещества, ч;

$t_{wz}$  – температура замерзания (твердения) вещества, °С;

$V_w'$  и  $V_m'$  – приведенные объемы вещества и материала трубопровода к метру длины, м<sup>3</sup>/м;

$r_w$  – удельное количество теплоты замерзания (твердения) жидкого вещества, кДж/кг;

ж) для предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях объектов, транспортирующих газообразные вещества, содержащие водяные пары:

для объектов (газоходов) прямоугольного сечения:

$$R_{tot} = \frac{t_{int} - t_e}{\alpha_{int}(t_w - t_{int})}, \quad (1.1.13)$$

где  $t_{int}$  – температура внутренней поверхности изолируемого объекта (газохода), °С;

$\alpha_{int}$  – коэффициент теплоотдачи от транспортируемого вещества к внутренней поверхности изолируемого объекта, Вт/(м<sup>2</sup>·°С); для объектов (газоходов) диаметром менее 2 м

$$r_{tot} = \frac{t_{int} - t_e}{\alpha_{int} \pi d_{int} (t_w - t_{int})}, \quad (1.1.14)$$

где  $d_{\text{int}}$  – внутренний диаметр изолируемого объекта, м.

При расчете толщины изоляции трубопроводов, прокладываемых в непроходных каналах и бесканально, следует дополнительно учитывать термическое сопротивление грунта, воздуха внутри канала и взаимное влияние трубопроводов.

При применении неметаллических трубопроводов следует учитывать термическое сопротивление стенки трубопровода, определяемое по формуле:

$$r_m = \frac{\ln \frac{d}{d_{\text{int}}}}{2\pi\lambda_m}, \quad (1.1.15)$$

где  $\lambda_m$  – теплопроводность материала стенки, Вт/ (м·°С).

Дополнительное термическое сопротивление плоских и криволинейных неметаллических поверхностей оборудования определяется по формуле:

$$R_m = \frac{\delta_m}{\lambda_m}, \quad (1.1.16)$$

где  $\delta_m$  – толщина стенки оборудования.

Толщина теплоизоляционного слоя, обеспечивающая заданную температуру на поверхности изоляции, определяется:

для плоской и цилиндрической поверхности диаметром 2 м и более

$$\delta_k = \frac{\lambda_k(t_w - t_i)}{\alpha_e(t_i - t_e)}, \quad (1.1.17)$$

где  $t_i$  – температура поверхности изоляции, °С;

для цилиндрических объектов диаметром менее 2 м по формуле (1.1.2), причем В следует определять по формуле:

$$B \ln B = \frac{2\lambda_k(t_w - t_i)}{\alpha_e d(t_i - t_e)}, \quad (1.1.18)$$

Толщина теплоизоляционного слоя, обеспечивающая предотвращение конденсации влаги из воздуха на поверхности изолированного объекта определяется по формулам:

для плоской и цилиндрической поверхности диаметром 2 м и более

$$\delta_k = \frac{\lambda_k}{\alpha_e} \left( \frac{t_e - t_w}{t_e - t_i} - 1 \right), \quad (1.1.19)$$

для цилиндрических объектов диаметром менее 2 м – по формуле (1.1.2), где  $B$  следует определять по формуле:

$$B \ln B = \frac{2\lambda_k}{\alpha_e d} \left( \frac{t_e - t_w}{t_e - t_i} - 1 \right), \quad (1.1.20)$$

Расчетные значения перепада  $t_e - t_i$ , °С, следует принимать по табл. 1.

Таблица 1.1.1.1 – Расчетный перепад  $t_e - t_i$ .

Температура окружающего воздуха, °С	Расчетный перепад $t_e - t_i$ , °С, при относительной влажности окружающего воздуха, %				
	50	60	70	80	90
10	10,0	7,4	5,2	3,3	1,6
15	10,3	7,7	5,4	3,4	1,6
20	10,7	8,0	5,6	3,6	1,7
25	11,1	8,4	5,9	3,7	1,8
30	11,6	8,6	6,1	3,8	1,8

За расчетную температуру окружающей среды следует принимать:

- для изолируемых поверхностей, расположенных на открытом воздухе: для оборудования и трубопроводов при расчетах по нормированной плотности теплового потока – среднюю за год; для трубопроводов тепловых сетей, работающих только в отопительный период, – среднюю за период со среднесуточной температурой наружного воздуха 8°С и ниже; при расчетах с целью обеспечения нормированной температуры на поверхности изоляции – среднюю максимальную наиболее жаркого месяца;
- для изолируемых поверхностей, расположенных в помещении, согласно техническому заданию на проектирование, а при отсутствии данных о температуре окружающего воздуха 20°С;
- для трубопроводов, расположенных в тоннелях, 40°С;
- для подземной прокладки в каналах или при бесканальной прокладке трубопроводов: при определении толщины теплоизоляционного слоя

по нормам плотности теплового потока – среднюю за год температуру грунта на глубине заложения оси трубопровода;

при определении толщины теплоизоляционного слоя по заданной конечной температуре вещества– минимальную среднемесячную температуру грунта на глубине заложения оси трубопровода.

При величине заглубления верхней части перекрытия канала (при прокладке в каналах) или верха теплоизоляционной конструкции трубопровода (при бесканальной прокладке) 0,7 м и менее за расчетную температуру окружающей среды должна приниматься та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

За расчетную температуру теплоносителя при определении толщины теплоизоляционного слоя теплоизоляционной конструкции по нормам плотности теплового потока следует принимать среднюю за год, а в остальных случаях – в соответствии с техническим заданием.

При этом для трубопроводов тепловых сетей за расчетную температуру теплоносителя принимают:

для водяных сетей– среднюю за год температуру воды, а для сетей, работающих только в отопительный период,– среднюю за отопительный период;

для паровых сетей– среднюю по длине паропровода максимальную температуру пара;

для конденсатных сетей и сетей горячего водоснабжения– максимальную температуру конденсата или горячей воды.

При заданной конечной температуре пара принимается наибольшая из полученных толщин тепловой изоляции, определенных для различных

При определении температуры грунта в температурном поле подземного трубопровода тепловых сетей температуру теплоносителя следует принимать:

для водяных тепловых сетей – по графику температур при среднемесячной температуре наружного воздуха расчетного месяца;

для паровых сетей– максимальную температуру пара в рассматриваемом месте паропровода (с учетом падения температуры пара по длине трубопровода);

для конденсатных сетей и сетей горячего водоснабжения– максимальную температуру конденсата или воды. Температуру грунта в расчетах следует принимать: для отопительного периода – минимальную среднемесячную, для неотапительного периода – максимальную среднемесячную.

За расчетную температуру окружающей среды при определении количества теплоты, выделившейся с поверхности теплоизоляционной конструкции за год, принимают:

для изолируемых поверхностей, расположенных на открытом воздухе;

для изолируемых поверхностей, расположенных в помещении или тоннеле;

При бесканальной прокладке теплопроводность основного слоя теплоизоляционной конструкции  $\lambda_k$  определяется по формуле:

$$\lambda_k = \lambda K, \quad (1.1.21)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность сухого материала основного слоя, Вт/(м·°С);

$K$  – коэффициент увлажнения, учитывающий увеличение теплопроводности от увлажнения, принимаемый по табл. 2.

Таблица 1.1.1.2 – Коэффициент увлажнения в зависимости от вида теплоизоляционного материала и типа грунта.

Материал теплоизоляционного слоя	Коэффициент увлажнения $K$		
	Тип грунта по ГОСТ 25100-82		
	маловлажный	влажный	насыщенный водой
Армопенобетон	1,15	1,25	1,4
Битумоперлит	1,1	1,15	1,3
Битумовермикулит	1,1	1,15	1,3
Битумокерамзит	1,1	1,15	1,25
Пенополиуритан	1,0	1,05	1,1
Полимербетон	1,05	1,1	1,15
Фенольный поропласт ФЛ	1,05	1,1	1,15

Тепловой поток через изолированные опоры труб, фланцевые соединения и арматуру следует учитывать коэффициентом к длине трубопровода  $K_{red}$ , принимаемым по табл. 3.

Таблица 1.1.1.3 – Коэффициент  $K_{red}$  в зависимости от способа прокладки трубопровода.

Способы прокладки трубопроводов	Коэффициент $K_{red}$
На открытом воздухе, в непроходных каналах, тоннелях и помещениях: для стальных трубопроводов на подвижных опорах, условным проходом, мм:	
до 150	1,2
150 и более	1,15
для стальных трубопроводов на подвесных опорах	1,05
для неметаллических трубопроводов на подвижных и неподвижных опорах	1,7
для неметаллических трубопроводов, изолируемых совместно с основанием	1,2
при групповой прокладке неметаллических трубопроводов на сплошном настиле	2,0
Бесканальный	1,15

Тепловой поток через опоры оборудования следует учитывать коэффициентом 1,1.

## 1.2 Численное моделирование тепловых режимов теплопроводов

Численное моделирование тепловых режимов теплопроводов является актуальной задачей при разработке энергосберегающих систем передачи тепловой энергии. При этом характеристика теплотрубопроводов по величине тепловых потерь является особо важным показателем, отражающим действительное состояние тепловых сетей.

Исследование тепловых режимов работы теплопроводов, как в штатных, так и во внештатных условиях является актуальной задачей при анализе эффективности работы и создании энергосберегающих систем транспортировки тепла [16].

В настоящее время проектирование и расчет тепловой защиты систем транспортировки тепла основаны на применении общих балансовых соотно-

шений [17], не учитывающих многие особенности взаимодействия теплопроводов с окружающей средой и реальные механизмы тепломассобмена.

Отсутствие адекватной методики теплового расчета, учитывающей основные значимые факторы и процессы, приводящие к интенсификации тепловых потерь, сдерживает разработку энергосберегающих систем транспортировки тепла, мероприятий, направленных на обеспечение оптимальных температурно-влажностных режимов работы теплопроводов и конструкций, способных обеспечить необходимый уровень энергосбережения.

Когда в массиве грунта проложены два теплопровода, то соответственно им появляются два стока. Таким образом, температурное поле в грунте получится как результат наложения четырех температурных полей[18].

В итоге результирующая формула Форхгеймера представлена в виде:

$$R_{zp} = \frac{1}{2\pi\lambda_{zp}} \cdot \left[ \frac{2h_{эк}}{d_n} + \sqrt{\left(\frac{2h_{эк}}{d_n}\right)^2 - 1} \right], \quad (1.2.1)$$

где  $R_{zp}$  – термическое сопротивление грунта, включая внешнее термическое сопротивление от грунта к воздуху, (Вт/м·°С),  $\lambda_{zp}$  – теплопроводность грунта, Вт/(м·°С);  $d_n$  – наружный диаметр теплоизоляционной конструкции, м[19].

Эквивалентная глубина заложения  $h_{эк}$  рассчитывается следующим образом:

$$h_{эк} = h + \frac{\lambda_{zp}}{\alpha}, \quad (1.2.2)$$

где  $h$  – глубина заложения теплопровода от поверхности земли до его оси, м;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от поверхности земли к воздуху, Вт/(м·°С);  $\frac{\lambda_{zp}}{\alpha}$  – эквивалентная толщина слоя грунта, заменяющего внешнее термическое сопротивление массива, м[19].

Когда глубина заложения теплопровода значительная, формулу для ее расчета можно упростить:

$$R_{zp} = \frac{1}{2\pi\lambda_{zp}} \cdot \ln \frac{4h_{эк}}{d_n}, \quad (1.2.3)$$

Теплопотери теплоизолированным трубопроводом при бесканальной прокладке в грунте, отнесенные к 1 м длины трубопровода, Вт/м, рассчитываются как теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку:

$$Q = \frac{\tau_{в} - \tau_{н}}{\Sigma \frac{1}{2\pi\lambda_i} \cdot \ln \frac{4d_{iн}}{d_{iв}} + \frac{1}{2\pi\lambda_{zp}} \cdot \ln \frac{4d_{эк}}{d_n}}, \quad (1.2.4)$$

где  $\tau_{н}$  – температура наружного воздуха, °С.

Обычно в тепловых расчетах внешнее термическое сопротивление не учитывают, тогда за расчетную температуру берут температуру грунта на глубине заложения трубопровода.

При прокладке от двух и более параллельных трубопроводов тепловых сетей бесканально тепловые потоки отдельных трубопроводов взаимодействуют, а температурные поля складываются.

Когда один из трубопроводов имеет более высокую температуру, чем другой, теплопотери второго трубопровода станут меньше, а при большой разнице температур у второго трубопровода может не быть тепловых потерь.

При расчете тепловых потерь для трубопроводов, проложенных бесканально в грунте вводят условное дополнительное термическое сопротивление  $R_0$ , чтобы учесть взаимное влияние параллельно расположенных теплопроводов.

Для двухтрубных трубопроводов, проложенных бесканально, данное сопротивление определяется по формуле:

$$R_{zp} = \frac{1}{2\pi\lambda_{zp}} \cdot \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{b}\right)^2}, \quad (1.2.5)$$

где  $b$  – горизонтальное расстояние между осями труб, м. Тепловые потери двухтрубных трубопроводов при бесканальной прокладке высчитываются по следующим формулам для первого и второго теплопроводов соответственно:

$$Q_1 = \frac{(\tau_1 - t_n) \cdot R_2 - (\tau_2 - t_n) \cdot R_0}{R_1 \cdot R_2 - R_0^2}, \quad (1.2.6)$$

где  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – температура теплоносителя в первом и втором трубопроводах, °С;  $t_n$  – наружная температура, принимаемая равной естественной температуре грунта на глубине оси теплопровода;  $R_1, R_2$  – термические сопротивления первого и второго трубопроводов, включающие термическое сопротивление изоляции и грунта, т. е.

$$R_i = R_{iuz} + R_{iэп} = \sum_i \frac{1}{2\pi\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{in}}{d_{is}} + \frac{1}{2\pi\lambda_{эп}} \cdot \ln \frac{4h}{d_n}, \quad (1.2.7)$$

Суммарные тепловые потери складываются из тепловых потерь первым и вторым трубопроводами[20]:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (1.2.8)$$

На сегодняшний день в соответствии с требованиями нормативных документов для проектирования конструкций тепловой изоляции двухтрубной теплосети при подземной прокладке регламентируется суммарная линейная плотность теплового потока с поверхности изоляции двух трубопроводов. Таким образом определение толщины теплоизоляционной конструкции выполняется методом последовательных приближений, при котором задается толщина теплоизоляционного слоя теплопроводов и определяется суммарная плотность теплового потока с поверхности двух трубопроводов тепловой сети. Затем данные значения сравнивают с нормативными значениями плотности теплового потока, приведенными в таблицах нормативных документов[21]. Толщину тепловой изоляции трубопроводов теплосети принимают одинаковой для подающего и обратного теплопроводов.

При канальной прокладке трубопроводов тепловых сетей для расчета тепловых потерь следует учитывать ряд термических сопротивлений: изоляция  $R_{uz}$ , теплоотдачи от изоляции к воздуху канала, теплоотдачи от воздуха канала к его стенке  $R_{в.к.}$ , стенок канала и грунта. Для вычисления тепловых потерь одинарных трубопроводов в канале, надо рассчитать все термические сопротивления. Тепловые потери данного трубопровода рассчитываются по формуле:

$$Q = \frac{\tau_6 - t_n}{\Sigma R_i} \cdot (1 + \beta), \quad (1.2.9)$$

При канальной прокладке нескольких трубопроводов тепловых сетей, исходя из учета их взаимного влияния друг на друга, сначала определяется температура воздуха в канале по тепловому балансу, далее – теплотери каждым теплопроводом, проложенным в канале. В данном тепловом балансе общие теплотери всеми теплопроводами, проложенными в канале, равны теплотерям из канала в окружающую среду:

$$\sum_1^n \frac{\tau_i - t_k}{R_{из.i} + R_{н.i}} \cdot (1 + \beta) = \frac{t_k - t_n}{R_{в.к} + R_k + R_{сп}}, \quad (1.2.10)$$

где  $\tau_i$  – температура теплоносителя в  $i$ -м трубопроводе, °С;  $n$  – число трубопроводов;  $t_k$  – температура воздуха в канале, °С. Из данного уравнения определяют  $t_k$  и далее рассчитывают теплотери [20].

## **Заключение**

Разработан подход к определению тепловых потерь бесканальных теплопроводов по известной температуре поверхности грунта в зоне размещения теплопроводов

Оценить тепловые потери подземных теплопроводов можно по температуре поверхности грунта над прокладкой. Для этого необходимо в результате серии численных экспериментов найти температурные поля в зоне размещения теплопроводов с учетом различных диаметров и температурных режимов.

Далее измеряя в полевых условиях температуру поверхности грунта над прокладкой и сопоставляя значения температур в фиксированных точках с результатами численного моделирования можно оценить уровень теплотерь теплопровода с определенным диаметром и температурным графиком.

Для наиболее типичных температурных графиков работы тепловых сетей и диаметров трубопроводов построены термограммы (рис. 3.2.1-3.2.13) для определения тепловых потерь бесканальных теплопроводов по известной температуре поверхности грунта в зоне размещения рассматриваемых объектов.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТПТ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов, амортизационные отчисления, заработная плата научного руководителя</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы амортизации, нормы премии по счету заработной платы</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка по отчислениям во внебюджетные фонды</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Экспертная оценка языков программирования</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление бюджета НИР</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Анализ критериев ресурсоэффективности</i>
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. <i>Календарный план</i>	

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Игнат Валерьевич Подопригора	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович		

## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

### **4.1 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.

## 4.2 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.

### **4.3 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 (b<sub>j</sub>).

Все данные представлены в таблицах 4.3.1 – 4.3.6.

Таблица 4.3.1 – Список языка программирования

№	Язык программирования
1	OpenFOAM
2	MDynaMix
3	Comsol
4	ANSYS

Таблица 4.3.2 – Оценка конкурентоспособности эксперимента №1

Фирма производитель	Простота	Универсальность	Распространенность	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 <sub>i</sub> ) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W <sub>i</sub> )	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 4.3.3 – Оценка конкурентоспособности эксперимента №2

Фирма производитель	Простота	Универсальность	Распространенность	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 4.3.4 – Оценка конкурентоспособности эксперимента №3

Фирма производитель	Простота	Универсальность	Распространенность	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 <sub>i</sub> ) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W <sub>i</sub> )	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.3.5 – Оценка конкурентоспособности экспертом №4

Фирма производитель	Простота	Универсальность	Распространенность	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 <sub>i</sub> ) [1-5]	4	4	2	5	5	20
Вес (W <sub>i</sub> )	0,2	0,2	0,1	0,25	0,25	-

Таблица 4.3.6 – 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.

#### 4.4 Календарный план

Таблица 4.4.1 – Перечень работ с количеством необходимых дней

Код работы	Наименование работы	$t_{\text{mini}}$ , день	$t_{\text{maxi}}$ , день	U, человек	$t_{\text{ож}}$ , 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				

Продолжение таблицы 4.4.1

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 4.4.2 – 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
Теоретические исследования	4	Разработка программного обеспечения	Студент
	5	Математическое моделирование	Студент
	6	Проведение вычислений	Студент
	7	Анализ результатов	Руководитель, студент

Продолжение таблицы 4.4.2

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 4.4.3 – Календарный план

№ работ	Вид работ	Испол нител и	Т кi , кал. дн	Продолжительность выполнения работ									
				Март						Апрель			
				1 1	2 2	3- 9	10- 15	16 - 21	22 - 31	1- 11	12- 17		
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководите ль	1	+									
2	Оформление технического задания	Студент	1		+								
3	Подбор теоретической информации (литература)	Студент	7			+							
4	Разработка программного обеспечения	Студент	6				+						

Продолжение таблицы 4.4.3

5	Математическое моделирование	Студент	6					+			
6	Проведение вычислений	Студент	1 0						+		
7	SWOT - анализ	Студент	1			+					
8	Экспертная оценка	Студент	1			+					
9	Календарный план	Научный руководитель	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	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	4							+	

#### 4.5 Смета проекта научного исследования

В таблице 4.5.1 представлено подробное описание расходов на материалы:

Таблица 4.5.1 – Материальные затраты

Расходы	Ед. измерения	Цена	Кол-во	Итого
Заправка картриджа	шт.	400	1	400
Бумага	упаковка	400	1	400
Ручки	шт.	10	8	80
Флешка	шт.	450		450
Итого:				<b>1330</b>

Таблица 4.5.2 – 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:							<b>1860</b>

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

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

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

$$\text{Стоимость амортизации} = \text{время работы} \cdot \text{сумма амортизации в час.}$$

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:

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

Отчисления на социальные нужды  $Сс.н. = 5500 \cdot 0,28 = 1540$  руб.

Суммарные затраты составят:  $Ссум = 5500 + 1540 = 7040$  руб.

#### **4.6 Основная заработная плата исполнителей проекта**

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

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

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

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p ,$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

$$Z_m = 18936 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 36925 \text{ руб}$$

где  $Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

$$Z_{дн} = \frac{36925 \cdot 10,4}{237} = 1620 \text{ руб}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни (таблица 4.6.1).

Таблица 4.6.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	116	116
- праздничные дни	14	14

Продолжение таблицы 4.6.1

Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Таблица 4.6.2 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	k <sub>пр</sub>	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	T <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	18936	0,3	0,2	1,3	36925	1620	6	9 720
Инженер	12240	0,3	0,2	1,3	23868	1047	37	38 739
<b>Итого З<sub>осн</sub>:</b>								<b>48 459</b>

**Дополнительная заработная плата исполнителей темы:**

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн},$$

$$Z_{дон} = 0,12 \cdot (9720 + 38739) = 5815 \text{ руб}$$

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

**Отчисления во внебюджетные фонды:**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ)

и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

$$Z_{внеб} = 0,3 \cdot (9720 + 1166 + 38739 + 4649) = 16282 \text{ руб}$$

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

### **Накладные расходы:**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{Сумма статей}) \cdot 0,16$$

$$Z_{накл} = (3190 + 48459 + 5815 + 16282) \cdot 0,16 = 11799,4 \text{ руб.}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов берем в размере 16%.

## Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта:

Рассчитанные затраты – основа для определения бюджета проекта.

Таблица 4.6.3 – Бюджет затрат на разработку проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля в %
1. Материальные затраты	3190	2,7
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48459	57,3
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5815	6,9
4. Отчисления во внебюджетные фонды	16282	19,3
5. Накладные расходы	11799,4	13,8
6. Бюджет затрат НИИ	85545,4	100

Большую долю затрат составляют затраты на оплату труда исполнителей проекта – 57,3% от всего бюджета затрат. Общая сумма расходов на осуществление технического проекта составит 85545,4 руб.

## **Заключение**

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  $C = 85545,4$  руб.

В результате проведения численного анализа тепловых потерь трубопровода для различных температурных графиков и диаметров трубопровода, был сделан вывод, при уменьшении диаметра теплопровода будут минимизированы затраты. Следовательно, затраты на научное исследование будут оправданы.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович

<b>Школа</b>	Инженерная Школа Энергетики	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Научно-образовательный центр И.Н.Бутакова
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Теплоэнергетика и теплотехника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:** Оценка состояния тепловой изоляции в тепловых сетях по известной температуре поверхности грунта

<b>1. Характеристика объекта исследования</b>	Объектом исследования являются тепловые сети
---	--

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

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	- Трудовой кодекс РФ - Федеральный закон №125 - «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» ФЗ от 03.07.2016 N301-ФЗ
	Вредные факторы: 1. Шум от работы электрооборудования; 2. Вибрации от работы электрооборудования; 3. Освещение рабочего места в помещении; 4. Электромагнитные поля от электрооборудования; 5. Микроклимат помещения рабочего места; 6. Электробезопасность.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	- воздействие на атмосферу (тепловые выбросы).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: пожар.

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
	Сотникова Анна Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б5Б	Тимраляев Эмиль Фаридович		

## 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.

Тепловые режимы теплопроводов равно как и масштабы тепловых потерь в тепловых сетях оказывают существенное влияние на экономичность и эффективность работы систем теплоснабжения. Следует отметить, что в настоящее время уровень тепловых потерь в сетях теплоснабжения России составляет от 10 до 30 % и более, в то время как в мире он не превышает 6-8 %.

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

С тех пор как появились персональные компьютеры, многие их пользователи стали жаловаться на головную боль, быстро наступающую усталость, появление симптомов нервных, сердечно-сосудистых и других заболеваний. Длительная работа на компьютере часто приводит к появлению следующих симптомов: покалывание, онемение, дрожь в пальцах рук или боль в запястьях, особенно той руки, в которой находится манипулятор мышь, вследствие длительного удержания.

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*

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику, неполная рабочая неделя), работу с ненормированным рабочим днем для отдельных категорий работников, продолжительность ежедневной работы (смены), в том числе неполного рабочего дня (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются 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 [25].

### *Защита персональных данных работника*

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

Согласно статье 89 Трудового кодекса Российской Федерации в целях обеспечения норм и свобод человека предусмотрена защита персональных данных работника и их обработка.

### *Оплата и нормирование труда*

Нормирование труда — это вид деятельности по управлению производством, направленный на установление необходимых затрат и результатов труда, а также необходимых соотношений между численностью работников различных групп и количеством единиц оборудования.

Нормативы труда характеризуют научно обоснованные, централизованно разработанные показатели затрат труда. На их основе предприятия самостоятельно разрабатывают свои нормы труда. Таким образом, норма труда — это норматив труда, скорректированный на местные условия труда.

Применяют нормативы и нормы труда:

- выработки;
- обслуживания;
- времени;
- времени обслуживания.

Заработная плата работнику устанавливается трудовым договором в соответствии с действующими у данного работодателя системами оплаты труда.

Системы оплаты труда, включая размеры тарифных ставок, окладов (должностных окладов), доплат и надбавок компенсационного характера, в том числе за работу в условиях, отклоняющихся от нормальных, системы доплат и надбавок стимулирующего характера и системы премирования, устанавливаются коллективными договорами, соглашениями, локальными нормативными актами в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права [26] (ст.135 ТК РФ).

Условия оплаты труда, определенные трудовым договором, не могут быть ухудшены по сравнению с установленными трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, локальными нормативными актами.

#### *Виды компенсаций при работе во вредных условиях труда*

Под вредными условиями труда следует понимать те, которые характеризуются присутствием на предприятии факторов, негативно

вливающих на состояние здоровья работников и их дееспособность.

Таблица 5.1.1– Классификация производств по степени вредности

<b>Класс условий труда</b>	<b>Подкласс условий труда</b>	<b>Воздействие неблагоприятных факторов</b>	<b>Влияние на организм</b>
1 — оптимальные		Отсутствует или не превышает уровни, установленные нормативами	Безвредно
2 — допустимые		Не превышает уровни, установленные нормативами	Восстановление организма во время перерыва или к началу следующего рабочего дня
3 — вредные	3.1 (1 степень)	Превышает уровни, установленные нормативами	Для восстановления организма необходим длительный период времени
	3.2 (2 степень)		Вероятность возникновения профессиональных заболеваний в легкой степени (после воздействия более 15 лет)
	3.3 (3 степень)		Вероятность возникновения профессиональных заболеваний средней степени, что может привести к профнепригодности
	3.4 (4 степень)		Вероятность возникновения профессиональных заболеваний тяжелой степени, что может привести к потере общей трудоспособности
4 — опасные		Уровни воздействия способны создать угрозу жизни работника	Высокий риск острого профессионального заболевания

## 5.2 Производственная безопасность

Таблица 5.2.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.4.1191-03.
2. Уровень электромагнитного излучения	+	+	+	Электромагнитные поля в производственных условиях. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
3. Превышение уровня шума	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Самгин Э.Б. Освещение рабочих мест. – М.: МИРЭА, 1989. – 186с.
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (МПОТ). ГОСТ 12.4.011-89. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

## 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

### Отклонение показателей микроклимата

Данное исследование непосредственно связано с компьютером, а, следовательно, с дополнительным воздействием целой группы вредных и опасных факторов, что существенно снижает производительность труда. К таким факторам можно отнести:

- отклонение показателей микроклимата в помещении;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- воздействие электромагнитного излучения;
- ультрафиолетовая и инфракрасная радиация, излучаемая с экрана монитора.

Микроклимат на рабочем месте в производственных помещениях определяется согласно [27, 28] температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением и интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей.

В таблице 5.2.1.1 приведены нормы метеоусловий для категорий работ по тяжести 1а согласно [28].

Таблица 5.2.1.1 - Нормы метеоусловий

Холодный период года $t_{\text{нап}}^{\text{возд}}$ ниже +10, °C						Тёплый период года $t_{\text{нап}}^{\text{возд}}$ +10, °C					
Оптимальные			Допустимые			Оптимальные			Допустимые		
Температура воздуха,	Относительная влажность,	Скорость движения воздуха	Температура воздуха,	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха	Температура воздуха,	Относительная влажность	Скорость движения воздуха	Температура воздуха, °C	Относительная влажность,	Скорость движения воздуха
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.

Количество приточного воздуха при естественной вентиляции должно быть не менее 30 м<sup>3</sup>/ч на одного человека, при объёме помещения приходящегося на него менее 20 м<sup>3</sup>. В рассматриваемом помещении располагается 9 рабочих мест при объёме помещения равном 252 м<sup>3</sup>. Таким образом, на каждого человека приходится приблизительно 28 м<sup>3</sup> пространства помещения. Таким образом естественный воздухообмен не обеспечивает необходимые санитарные нормы и требует повышения качества вентиляции.

#### *Уровень 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/м<sup>2</sup>.

#### *Превышение уровня шума*

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 [29] уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБ.

#### *Влияние освещения на производительность труда*

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.

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 различие объектов зрительной работы при фиксированном направлении линии зрения, нормированное значение освещенности рабочей поверхности составляет 300 лк [30].

Поскольку естественное освещение не обеспечивает достаточную освещенность рабочих поверхностей, то используется так же и искусственное освещение за счёт люминесцентных ламп. Согласно [30] 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 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, образовавшимся на элементах электрооборудования или в результате пробоя изоляции токопроводящих частей. Так же одной из причин является несоблюдение техники безопасности и правил эксплуатации оборудования.

В связи с изложенными выше опасностями к самостоятельной работе в компьютерной аудитории допускаются лица, не моложе 18 лет, которые прошли инструктаж по технике безопасности.

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

### *Обеспечение надлежащего микроклимата в помещении*

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  $10 \text{ мг/м}^3$ , и требуют влажной ежедневной двухразовой уборкой пола в помещении [31, 32].

### *Обеспечение снижения уровня электромагнитного излучения*

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

Способы защиты от электромагнитного излучения компьютера:

а) как можно чаще прерывать работу, а так же 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 [33] 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 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 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  $\rho_c$ , потолка -  $\rho_{\text{п}}$ , коэффициент запаса  $K$ , коэффициент равномерности освещения -  $Z$ .

Таблица 5.2.2.2– Исходные данные

A(м)	B(м)	H(м)	$h_p$ (м)	$\rho_c$ (%)	$\rho_{\text{п}}$ (%)	K	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

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,1 = 2,94;$$

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

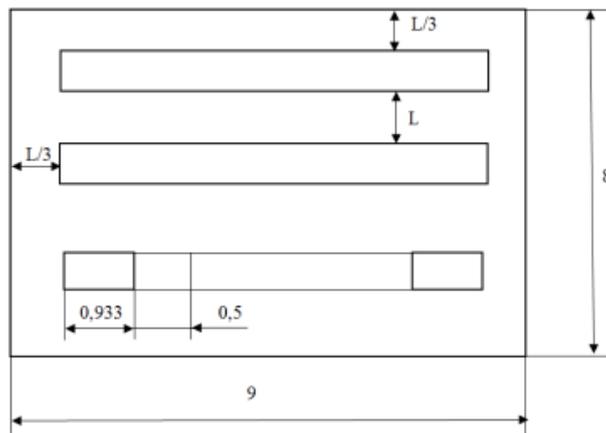


Рисунок 5.2.2.1 – Размещение искусственного освещения в рабочем помещении

Определим индекс помещения:

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

Определим  $\eta$  с учетом типа светильника и значений  $r_c$  и  $r_p$ :  $\eta=0,43$ .

Определим световой поток лампы  $\Phi$  по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 72 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{20 \cdot 0,43} = 4973 \text{ лм}$$

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

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

Получаем:

$$-10\% \leq 0,54\% \leq +20\%$$

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 обеспечивает возможность работы в помещении в любое время

суток и при любых метеоусловиях.

### *Обеспечение электробезопасности*

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

### **5.3 Экологическая безопасность**

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 в чрезвычайных ситуациях**

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. Установленные 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 м<sup>2</sup> 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. 1).

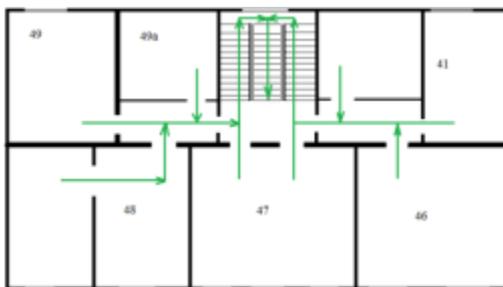


Рисунок 5.4.1 - План эвакуации при пожаре

## Список литературы:

1. Кириллов Ю.И., Мотлохов М.А., Бычков А.М., Звонарев М.Г. Состояние тепловой изоляции на электростанциях ОАО РАО «ЕЭС России» // Энергетик. 2005. №11. С. 2-5.
2. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Анализ тепловых потерь теплотрубопроводов в условиях взаимодействия с влажным воздухом // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. №2. С. 37-39.
3. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Оценка масштабов тепловых потерь в магистральных теплотрубопроводах в условиях затопления // Промышленная энергетика. 2006. №8. С. 32-34.
4. Ватин Н.И., Дубов В.В., Петраков Г.П. Внедрение РМД 41-11-2012 Санкт-Петербург «Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге» // Интернет-журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений». 2013. №1(6). С. 48-54.
5. Шишкин А.Н. О проекте федерального закона «О теплоснабжении» // Новости теплоснабжения. 2010. №6. С. 20-24.
6. СП 21-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. М.: Госстрой России, 2001. 42 с.
7. СНиП 21-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. СПб.: Деан, 2004. 61с.
8. Соколов Е.Л. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для ВУЗов. – 5-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 360 с.
9. Боглаевю .П. Вычислительная математика и программирование. – М.: Высшая школа, 1990. – 544 с.
10. Слепченко В.С., Петраков Г.П. Повышение энергоэффективности теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей северных и северо-восточных регионов России // Инженерно-строительный журнал. – 2011, – №4(22). – С. 26-32..
11. Яковлев Б.В. Предотвращение коррозионной повреждаемости теплосетей канальной прокладки // Новости теплоснабжения. – 2009. – №3 – С. 39-41.

12. Байбаков С.А., Тимошкина А.С. Основные направления повышения эффективности тепловых сетей // Электрические станции. – 2004. №7. – С. 19-25.
13. Kuznetsov G.V. Polovnikov V.Yu. Numerical Simulation of the Thermal State of a Flooded Pipeline Taking into Account Unsteadiness of the Process of Heat Insulation Saturation with Moisture // Thermal Engineering. – 2008. Vol.55. No. 5. – P. 426-430.
14. Kuznetsov G.V. Polovnikov V.Yu. Numerical analysis of heat losses by main heat pipelines under conditions of complete or partial flooding // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2008. – Vol. 81 – No. 2 – P. 323-331.
15. Молодежникова Л.И., Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике / Учебное пособие. – Томск: Издательство Томского Политехнического Университета, 2011. - 205 с.
16. Федеральный закон об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации №261 от 23.09.2009 г.
17. Данилов Н.И. Основы энергосбережения: учебник / Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006. – 564с.
18. Тихомиров К.В. Теплотехника. Теплогазоснабжение и вентиляция, учебник для вузов. – 5-е изд., репринтное/ М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. – 480 с.
19. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики: Монография М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2008.
20. Козин В.Е., Левина Т.А., Марков А.П., Пронина И.Б., Слемзин В.А., Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов. М.: Высш. Школа, 1980.
21. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Трелецкая Е.Н.; Под ред. А.А.Ионина. Теплоснабжение: Учебник для вузов. М: Стройиздат, 1982.
22. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция.

23. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 299 с.
24. Огородников А.С. Моделирование в среде Matlab-Comsol 3.5a: Томск: Издательство ТПУ, 2012
25. ст.100 Трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
26. ст.139 Трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
27. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
28. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
29. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
31. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
32. СН-245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
33. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».