

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

Институт Энергетический
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Численное моделирование тепловых режимов запорной арматуры тепловых сетей

УДК 697.34:621.646.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Сергиенко Василий Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Половников В.Ю.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	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.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	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.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	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.
Р8	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.
Р9	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.
Р10	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.
Р11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества,

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студент:

Группы	ФИО
5Б2Б	Сергиенко Василий Александрович

Тема работы:

Численное моделирование тепловых режимов запорной арматуры тепловых сетей	
Утверждена приказом ректора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.16

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<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>	Объект исследования – наиболее распространённая в тепловых сетях шаровая запорная арматура.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Введение; • Аналитический обзор литературных источников по схожей тематике; • Постановка задачи исследования; • Математическое моделирование тепловых потерь шаровой запорной арматуры; • Анализ результатов численного моделирования. • Заключение.
<p>Перечень графического материала</p>	<p>слайдов</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Попова Светлана Николаевна, доцент каф. МЕН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Дашковский Анатолий Григорьевич, доцент каф. ЭБЖ</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>26.02.2016</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Половников В.Ю.</p>	<p>к.т.н.</p>		<p>26.02.2016</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>5Б2Б</p>	<p>Сергиенко Василий Александрович</p>		<p>26.02.2016</p>

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 43 с., 16 рис., 8 табл., 25 источников, 0 прил.

Ключевые слова: тепловые сети, тепловые режимы, тепловые потери, теплоперенос, запорная арматура.

Объектом исследования является наиболее распространённая в тепловых сетях шаровая запорная арматура.

Цель работы – анализ тепловых режимов шаровой запорной арматуры тепловых сетей.

Проведен численный анализ тепловых потерь запорной арматуры тепловых сетей. Выявлены масштабы тепловых потерь запорной арматуры. Представлены результаты математического моделирования тепловых режимов запорной арматуры тепловых сетей. Показано, что для запорной арматуры с относительно не большими условными проходами эквивалентную длину трубопровода можно сократить более чем в два раза.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1.ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОНСТРУКЦИИ ЗАПОРНОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ОТ АРМАТУРЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	12
1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПОРНОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ.....	12
1.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОНСТРУКЦИЙ ЗАПОРНОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	14
1.3. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ОТ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	18
2.ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОД РЕШЕНИЯ	21
2.1. ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	21
2.2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ	22
2.3 МЕТОД РЕШЕНИЯ	23
3.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	28
ВВЕДЕНИЕ.....	28
3.1. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ.....	28
3.2 РАСЧЕТ СМЕТЫ ЗАТРАТ НА ИССЛЕДОВАНИЕ	35
3.4 ОЦЕНКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ.....	40
ВЫВОД ПО ГЛАВЕ:.....	42

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшее распространение среди систем теплоснабжения в России исторически получили системы централизованного теплоснабжения [1].

Современные системы теплоснабжения городов России, предполагают существование тепловых сетей – сложных инженерных сооружений, предназначенные для транспортировки тепловой энергии от источника тепла до потребителя.

Основными типами прокладки тепловых сетей в Российской Федерации на сегодняшний день являются наземная и канальная прокладка [2].

Протяженность тепловых сетей по всей России насчитывает десятки тысяч километров закрытых и открытых теплопроводов, элементов арматуры в единицах насчитывается на порядок больше. В связи с этим требуется точная и достоверная информация о тепловых потерях не только от трубопроводов, но и элементов арматуры. Переоценить значимость арматуры для тепловых сетей просто невозможно.

Арматура тепловых сетей в свою очередь служит для обеспечения управления системами теплоснабжения при их эксплуатации [3]. Элементы арматуры тепловых сетей в свою очередь подразделяются по назначению на: запорную, регулируемую, предохранительную и защитную.

Запорная арматура, применяемая наиболее широко (составляет около 80% всей арматуры), предназначена для перекрытия потока теплоносителя. К ней относятся краны, вентили, задвижки и поворотные затворы. Запорную арматуру в тепловых сетях устанавливают: на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источников тепла; для секционирования магистралей; на трубопроводах ответвлений; для спуска воды и выпуска воздуха и т. д. [3] В одних случаях эти сети состоят в основном из трубопроводов большой протяженности с незначительным числом запорных и регулировочных устройств (нефте-, газо-, паро-, водопроводы), в других - это сложные гидравлические (газовоздушные) системы с большим числом фасонных узлов различного назначения [4].

Системы водоснабжения состоят из внешних водопроводных сетей, которые служат для подвода воды к зданиям и сооружениям, и внутреннего водопровода. Внутренний водопровод служит для подачи воды непосредственно к потребителям. Он начинается с устройства ввода и включает систему трубопроводов с водоразборной, запорной и регулирующей арматурой, а также контролирующие приборы. В зависимости от назначения в него могут также входить насосные установки, водонапорные баки и другие устройства, расположенные внутри здания или в непосредственной близости от него [5].

Можно сделать вывод о том что ни один трубопровод как бытового, так и промышленного значения, не может обойтись без запорной арматуры.

Оценив масштаб тепловых сетей Российской Федерации возникает логичный вопрос о существующих методах оценки тепловых потерь. Проблема определения фактических потерь теплоты является одной из важнейших в теплоснабжении [6].

В восточно-европейских и западных странах проблема учета тепловых потерь в большинстве случаев решается до примитивности просто. Потери равняются разнице суммарных показаний приборов учета у производителей и потребителей тепла. Жителям многоквартирных зданий доступно объяснили, что даже при увеличении тарифа за единицу теплоты (из-за выплат процентов по займам на приобретение теплосчетчиков), узел учета дает возможность гораздо больше экономить на объемах потребления [6].

У нас, в отсутствие приборов учета, появилась своя финансовая схема. Из объема выработки теплоты, определяемого по приборам учета на теплоисточнике, вычитаются нормативные тепловые потери и суммарное потребление абонентов, имеющих приборы учета. Все оставшееся списывается на безучетных потребителей, т.е. в основном - жилой сектор. При такой схеме получается, что, чем больше потери в тепловых сетях, тем выше доходы теплоснабжающих предприятий. Трудно при такой экономической схеме призывать к снижению потерь и издержек. Дело в том, что при существующей системе даже полный отказ от учета в тарифах тепловых потерь в сетях (при фиксации удельных расходов на выработку теплоты) лишь уменьшит

топливную составляющую в тарифах, зато в той же пропорции увеличит объем продаж с оплатой по полному тарифу. Снижение доходов от уменьшения величины тарифа оказывается в 2-4 раза ниже выгоды от увеличения объемов продаваемого тепла (пропорционально доле топливной составляющей в тарифах). Причем потребители, имеющие приборы учета, экономят за счет снижения тарифов, а безучетники (в основном жители) компенсируют эту экономию в гораздо больших объемах [6].

Исторически сложилось, что тепловые потери учитываются суммарно по всей системе централизованного теплоснабжения и распределяются по потребителям через тарифы пропорционально потреблению [6].

Введение экономических стимулов к снижению теплопотерь позволит теплоснабжающим предприятиям привлекать кредитные средства для финансирования разницы в удорожании строительства и возвращать кредиты за счет экономии тепла [7].

Целью данной работы является анализ тепловых режимов шаровой запорной арматуры тепловых сетей.

Объектом исследования является наиболее распространённая в тепловых сетях шаровая запорная арматура.

Актуальность исследования тепловых режимов систем транспортировки тепла и определения транспортных потерь тепла в сетях теплоснабжения вызвана следующими факторами [8]:

- возрастанием требований к эффективности теплоснабжения [12];
- нарастающей конкуренцией со стороны альтернативных, децентрализованных способов обеспечения теплом [9, 10];
- усилением роли приборного учета потребления тепла и теплоносителя у абонентов [11];
- необходимостью диагностики технического состояния теплопроводов и проведения работ по повышению надежности системы теплоснабжения [12].

Практическая значимость:

Проведенные исследования вносят вклад в развитие представлений о режимах работы шаровой запорной арматуры и нормативный метод определения тепловых потерь от запорной арматуры.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке численного метода определения тепловых потерь запорной арматуры, усовершенствовании конструкций запорной арматуры и выборе теплоизоляционных материалов для запорной арматуры.

1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОНСТРУКЦИИ ЗАПОРНОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ОТ АРМАТУРЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

1.1. Классификация запорной трубопроводной арматуры

В первую очередь запорная арматура классифицируется по области применения:

- Промышленная трубопроводная арматура общего назначения.
- Промышленная трубопроводная арматура для особых условий работы.
- Специальная арматура.
- Судовая и транспортная арматура.
- Сантехническая арматура.

Запорную арматуру в тепловых сетях устанавливают: на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источников тепла; для секционирования магистралей; на трубопроводах ответвлений; для спуска воды и выпуска воздуха и т. д. [13].

По функциональному своему назначению запорная арматура предназначена для полного перекрытия потока рабочей среды в трубопроводе и пуска среды в зависимости от требований технологического процесса (цикл «открыто-закрыто») [13]. В зависимости от режима работы тепловой сети запорная арматура должна находиться в полностью открытом или полностью закрытом положении. Регулировать запорной арматурой расход теплоносителя и дросселировать его давление запрещается. Это объясняется тем, что если оставить запорную арматуру не полностью открытой, часть притертой поверхности затвора, находясь под воздействием потока теплоносителя, будет подвергаться эрозионному разрушению, в результате чего при закрытии арматуры корродированная часть затвора не обеспечит герметичности арматуры [13].

В зависимости от способов присоединения к теплопроводам арматуру подразделяют на фланцевую, муфтовую, цапковую и приварную [3]. Фланцевая арматура имеет присоединительные патрубки с фланцами, муфтовая — с внутренней резьбой, цапковая — с наружной резьбой, приварная — с кромками для приварки к трубопроводу [3]. Фланцевая арматура в настоящее время является наиболее распространенной для трубопроводов тепловых сетей. Однако в последнее время в целях уменьшения габаритов и массы арматуры, а также в целях повышения плотности трубопроводов промышленность стала все больше выпускать бесфланцевую арматуру, непосредственно привариваемую к трубопроводам [15]. Для тепловых сетей, как правило, должна приниматься только арматура с концами под приварку или фланцевая [14]. Кроме того, допускается приваривать фланцевую арматуру непосредственно к трубопроводам. Все это способствует применению сварочных машин и механизмов при монтаже теплопроводов, что повышает производительность труда, качество сварочных работ и надежность теплопроводов [3].

Запорную арматуру независимо от диаметров труб и параметров теплоносителя следует применять стальной [14]. Для трубопроводов тепловых сетей при температуре воды до 115°C независимо от диаметра трубопроводов допускается применять арматуру из ковкого чугуна марки не ниже КЧЗО-6 (ГОСТ 1215—79) или из серого чугуна марки не ниже СЧ15-32 (ГОСТ 1412—79) [3].

1.2. Основные виды конструкций запорной трубопроводной арматуры тепловых сетей

В зависимости от способа применения запорного органа и его конструкции основные типы арматуры, применяемые в тепловых сетях, подразделяют на краны, вентили, задвижки, поворотные затворы, клапаны и т. д. [3].

На рисунке 1.2.1 приведены виды исполнения запорных клапанов.

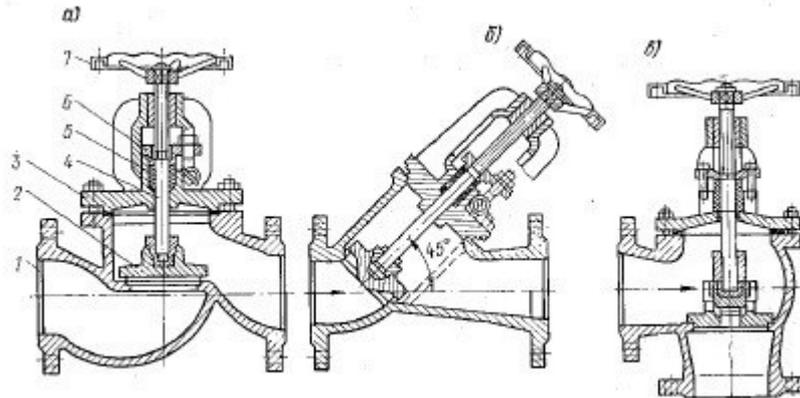


Рисунок 1.2.1. Виды исполнения запорных клапанов.

а – фланцевый; б – прямоточный фланцевый; в – угловой фланцевый;
1 – корпус; 2 – золотник; 3 – крышка; 4 – шпindel; 5 – сальниковая набивка; 6 – втулка; 7 – маховик.

Клапаны (вентили) - запорный рабочий орган у них перемещается возвратно-поступательно параллельно оси потока рабочей среды в седле корпуса арматуры [13]. Вентили имеют запорный орган в виде золотника (тарелка клапана), который при закрытии плотно прилегает к седлу, обеспечивая герметичность перекрытия проходного отверстия. Золотник соединен со шпindelом шарнирно и при закрытии прижимается к седлу, а при открытии отрывается от седла без скольжения, благодаря чему исключается задираание уплотнительных поверхностей [3]. Разновидностью этого типа арматуры являются мембранные клапаны, у которых в качестве запорного элемента используется мембрана. Мембрана фиксируется по внешнему периметру между корпусом и крышкой, выполняет функцию уплотнения корпусных деталей и подвижных элементов относительно внешней среды, а также функцию уплотнения запорного органа [13]. Вентили бывают фланцевые,

муфтовые и приварные. В отличие от кранов и задвижек нормальные вентили имеют повышенное гидравлическое сопротивление, так как теплоносителю приходится менять свое направление [3]. Используются главным образом в местных системах теплоснабжения, а также для спускных линий и воздушников тепловых сетей [3].

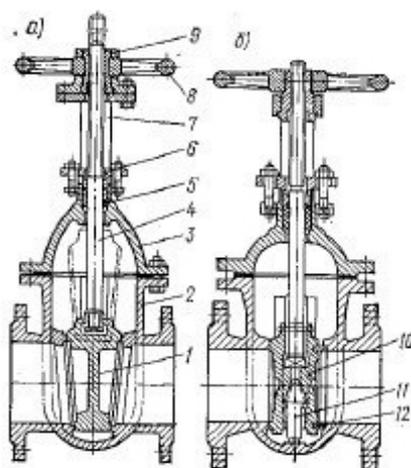


Рисунок 1.2.2. Виды запорных задвижек (вентилей).

- а – клиновые с выдвигным шпинделем; б – параллельная с выдвигным шпинделем; 1 – клин (затвор); 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – шпиндель; 5 – сальниковая набивка; 6 – грундбукса; 7 – стойка; 8 – маховик; 9 – гайка шпинделя; 10 – диск (тарелка); 11 – распорный клин; 12 – уплотнительное кольцо.

Задвижки - рабочий орган у них перемещается возвратно-поступательно перпендикулярно направлению потока рабочей среды [13]. По конструктивному исполнению их разделяют на клиновые и параллельные с выдвигным и не выдвигным шпинделем. В клиновых задвижках затвор состоит из сплошного или двухдискового клина, уплотнение обеспечивается прилеганием колец клина к кольцам корпуса. При опускании двухдискового клина распорный клин, находящийся между дисками, упирается в дно корпуса задвижки и распирает диски, плотно прижимая их к уплотнительным кольцам корпуса. В параллельных задвижках затвор состоит из двух самостоятельных дисков с плоскими, параллельно расположенными уплотнительными поверхностями. Эти задвижки закрываются аналогично клиновым задвижкам с двухдисковым клиновым затвором [3]. Используются преимущественно в

качестве запорной арматуры [13]. Положительным качеством задвижек является их малое гидравлическое сопротивление. Это достигается тем, что при полном выдвигении шпинделя затвор полностью выходит из потока теплоносителя в верхнюю часть корпуса задвижки. На водяных тепловых сетях для задвижек Ду350 мм следует предусматривать обводные трубопроводы (разгрузочные байпасы) с запорной арматурой, предназначенные для уменьшения перепада давлений при открывании задвижек. Этим достигается снижение усилий, необходимых для открывания задвижек [3]. Разновидностью этого типа арматуры являются шланговые задвижки, у которых перекрытие потока среды осуществляется запорным органом, пережимающим эластичный шланг, внутри которого проходит транспортируемая рабочая среда [13].



Рисунок 1.2.3. Затворная запорная арматура.

Затворы - запорный рабочий орган у них имеет форму диска и поворачивается вокруг оси, не являющейся его собственной [13].

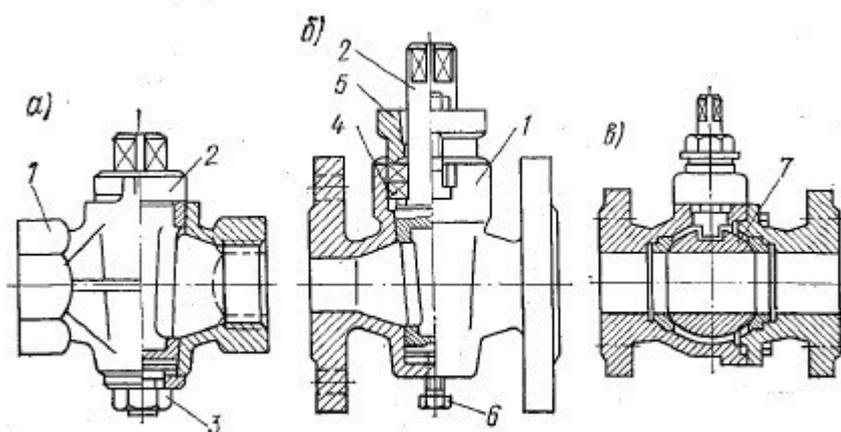


Рисунок 1.2.4. Виды исполнения запорных кранов.

а – натяжной муфтовый (тип 11б1бк); б – сальниковый фланцевый (тип 11ч8бк); в – шаровой сальниковый фланцевый (тип 11ч37п); 1 – корпус; 2 – конусная пробка; 3 – натяжная гайка; 4 – сальник; 5 – втулка; 6 – отжимной болт; 7 – шаровая пробка.

Краны - запорный или регулирующий орган у них имеет форму тела вращения или его части; поворачивается вокруг своей оси, перпендикулярно расположенной по отношению к направлению потока рабочей среды [13]. Краны имеют небольшие габаритные размеры, малое гидравлическое сопротивление и простой цикл управления. По конструкции затвора краны подразделяют на пробковые и шаровые, по методу герметизации от внешней среды — на натяжные и сальниковые, а по методу присоединения к трубопроводу — на муфтовые и фланцевые [3] (рис. 1.2.4.).

В данной работе рассматривается шаровой запорный кран Балломакс, так как является одним из крупнейших в России производителей арматуры для систем тепло- и водоснабжения и по праву BROEN считается самым широко распространённым производителем, имеющий большую производственную площадку на территории нашей страны [24].

Визитной карточкой компании являются шаровые краны Балломакс. Их корпус изготовлен из углеродистой стали P235GH/09Г2С, шар – из нержавеющей стали, седловое уплотнение шара – из тефлона с содержанием 20 % углерода. Кроме этого, благодаря наличию тарельчатой пружины (сталь пружинная Ск75(50CrV4)), удается компенсировать температурные расширения шара и исключить возможность протечек. Шток (нержавеющая сталь W.Nr.1.4305) оснащён уплотнительными кольцами (EPDM, витон), исключая возможность протечки по штоку. Система поджима седел шара, а также наличие уплотнений по штоку обеспечивают класс герметичности А (ГОСТ P54808-2011). Расчетный срок службы кранов составляет не менее 30 лет или 15 тысяч циклов открытия-закрытия. Типоразмеры – Ду 50...1400 мм, Ру 25/40 [24].

1.3. Современные методы определения тепловых потерь от запорной арматуры тепловых сетей

Известно [16], что тепловые потери тепловой сети складываются из линейных (тепловых потерь участков трубопровода, не имеющих арматуры и фасонных частей) и местных потерь тепловой энергии (тепловых потерь фасонных частей, запорной арматуры, опорных конструкций, фланцев и т.д.)

Все теплоснабжающие предприятия должны проводить испытания тепловых сетей для определения фактических тепловых потерь [6]. Проведя анализ существующих подходов определения тепловых потерь от теплопроводов, приходит осознание того, что на данный момент не существует методик способных достаточно точно и достоверно оценивать теплопотери от запорной арматуры в сетях теплоснабжения.

Есть попытки определять тепловые потери по результатам тепловизионной съемки [6]. К сожалению, этот метод не дает достаточной точности для проведения финансовых расчетов, т.к. температура грунта над теплотрассой зависит не только от теплопотерь в трубопроводах, но и от влажности и состава грунта; глубины залегания и конструкции теплосети; состояния канала и дренажа; утечек в трубопроводах; времени года; асфальтировки поверхности [6].

Использование для прямых измерений теплопотерь метода тепловой волны с резким изменением температуры сетевой воды на теплоисточнике и измерением температуры в характерных точках регистраторами с посекундной фиксацией также не позволило добиться требуемой точности измерения расхода и, соответственно, теплопотерь [6]. Использование же накладных расходомеров ограничено прямыми участками в камерах, точностью измерений и необходимостью иметь большое количество дорогостоящих приборов [6].

Экспериментальный способ определения потерь тепловой энергии затрудняется тем, что [20] в современных российских условиях большая часть потребителей не имеет приборы учета тепла, поэтому отпущенная (продаваемая) им тепловая энергия определяется как разница между

измеренной на источнике отпущенной тепловой энергией и потерями в тепловой сети [20].

Численные методы определения потерь тепловой энергии, тоже далеки от совершенства. В методических указаниях по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях (РД 34.09.255-97) сказано, [18] понижение температуры воды по мере её прохождения по трубопроводу обусловлено ещё тепловыми потерями от арматуры в окружающую среду, которые могут быть определены исходя из измеренных во время испытаний расхода воды и снижении температуры [18]. Так же предлагается произвести численный расчёт применив [18] коэффициент местных потерь, учитывающий тепловые потери арматуры, опор и компенсаторов; принимается согласно [19] для бесканальной прокладки равным 1,15, для канальной и надземной в зависимости от диаметра условного прохода трубопроводов: до 150 мм — 1,2, 150 мм и более - 1,15 [19]; [18]. Данный метод [20] является технической базой для определения фактических потерь во всех последующих методиках утверждённых Приказом Минпромэнерго России от 4 октября 2005г. и сменившей его «Инструкции по организации в Минэнерго России работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии» утвержденным приказом Минэнерго России от 3 декабря 2008 года [20].

Авторы РД 34.09.255-97 основывались на пункте «Испытания на тепловые потери», приведенном на странице 374 монографии Соколова Е.Я. «Теплофикация и тепловые сети» - М. 1999г [20]. Тепловые потери отводов, гнутых компенсаторов и других деталей, периметр поперечного сечения которых близок к периметру трубопровода, подсчитываются по формулам для прямых труб круглого сечения [16], а тепловые потери фланцев, фасонных частей и арматуры определяются в эквивалентных длинах трубы того же диаметра по формуле [16]:

$$Q_m = q l_{\text{э}}, \quad (1.3.1)$$

где Q_m – местные тепловые потери, Вт; q – линейные тепловые потери, Вт/м; $l_{\text{э}}$ – эквивалентная длина трубы, м.

Тепловые потери от неизолированного вентиля или задвижки принимаются равными тепловым потерям изолированного трубопровода длиной $l_3 = 12-24$ м того же диаметра [16]. Эквивалентную длину изолированного на $3/4$ поверхности вентиля или задвижки в зависимости от диаметра трубопровода и температуры теплоносителя можно принимать равной 4-8 м изолированного трубопровода. Меньшие значения относятся к трубопроводу диаметром 100 мм и температуре теплоносителя 100 °С, большие – к трубопроводу диаметром 500 мм и температуре 400 °С. Эквивалентную длину неизолированного фланца можно принимать равной 4–5 м изолированного трубопровода [16].

Описанный выше подход к оценке местных тепловых потерь [16] носит эмпирический характер, основан на многолетней эксплуатации тепловых сетей, однако не имеет теоретического обоснования. Основная причина отсутствия теоретических исследований тепловых режимов арматуры и фасонных частей (фланцы, задвижки и др.) теплопроводов тепловых сетей заключается в достаточно сложной геометрии этих источников местных тепловых потерь.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОД РЕШЕНИЯ

2.1. Общая физическая постановка задачи

По нормам СНиП [14] запорную, регулирующую и предохранительную арматуру независимо от диаметров труб и параметров теплоносителя следует принимать стальной [14]. А так же для тепловых сетей, как правило, должна приниматься арматура с концами под приварку [14].

В качестве примера рассматривается не изолированный, широко распространенный в РФ, шаровый запорный кран фирмы Броен Балломас [24] модельного ряда 62.102.000, с концами под приварку [24] эксплуатируемый в таких рабочих средах, как горячая вода и пар [23]. BROEN является одним из крупнейших в России производителей арматуры для систем тепло- и водоснабжения [23].

На рисунке 2.1.1 приведено схематическое изображение рассматриваемого крана. Предполагается, что перенос тепла на внешних поверхностях крана осуществляется в условиях радиационного теплообмена и естественной конвекции, кран находится в открытом состоянии, а на внутренних поверхностях поддерживается постоянная температура, равная температуре теплоносителя.

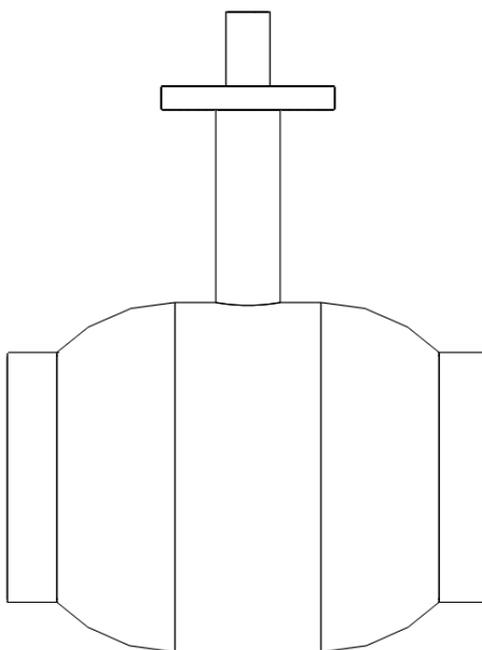


Рисунок 2.1.1. Схематическое изображение шарового крана.

Для рассматриваемой области (рисунок 2.1.1.) решается трехмерная стационарная задача теплопроводности в системе «шаровой кран – окружающая среда».

2.2 Математическая модель

Математическая модель для рассматриваемой задачи включает в себя уравнение теплопроводности для корпуса крана с соответствующими постановке задачи граничными условиями.

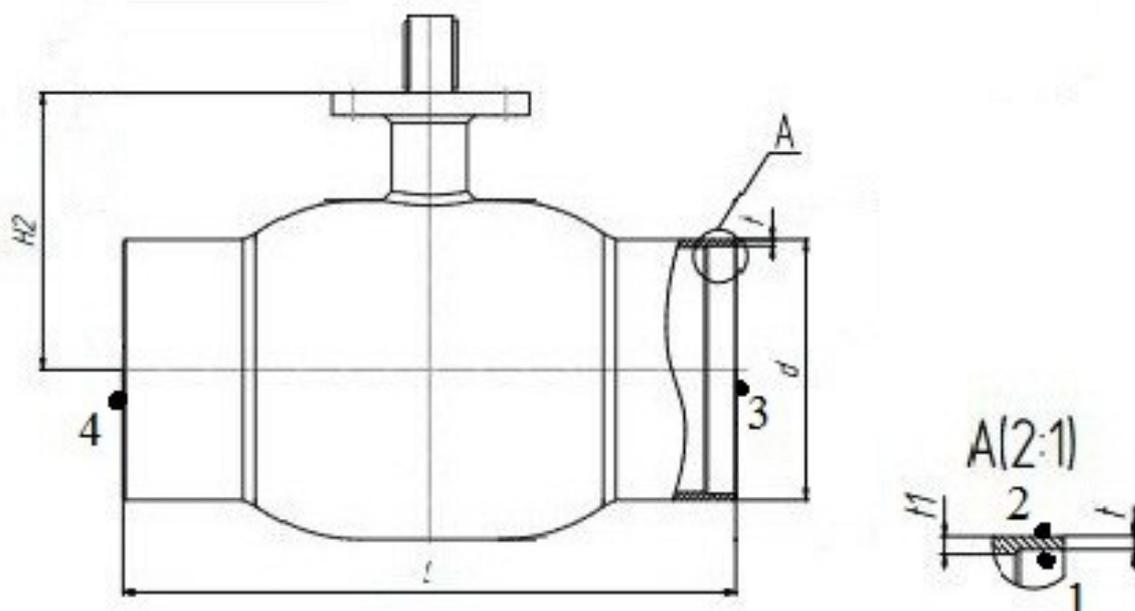


Рисунок 2.2.1. Чертёж шарового крана.

1– внутренняя поверхность; 2– внешняя поверхность (корпус);
3– правая граница; 4– левая граница.

Процесс переноса тепла в обобщенном виде будет описываться следующими соотношениями.

- Уравнение теплопроводности для корпуса крана:

$$\nabla^2 T = 0. \quad (2.2.1)$$

- На внутренней поверхности крана поддерживается постоянная температура:

$$T_1 = \text{const}. \quad (2.2.2)$$

- На внешней поверхности корпуса крана теплообмен осуществляется в условиях естественной конвекции и теплового излучения:

$$-\lambda grad(T) = \alpha(T_2 - T_{oc}) + \varepsilon\sigma(T_2^4 - T_{oc}^4). \quad (2.2.3)$$

- На левой и правой границах (рис. 2.2.1) условия симметрии:

$$grad(T_3) = 0 ; \quad grad(T_4) = 0. \quad (2.2.4)$$

Обозначения:

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

T - температура, К;

α - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К);

ε - степень черноты;

σ - постоянная Больцмана, Дж/К.

Индексы:

1– внутренняя поверхность;

2– внешняя поверхность (корпус);

3– правая граница;

4– левая граница.

2.3 Метод решения

Решение задачи получено с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics [25].

COMSOL Multiphysics – это мощная интерактивная среда для моделирования и расчетов большинства научных и инженерных задач основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных (УРЧП) методом конечных элементов. С этим программным пакетом можно расширять стандартные модели, использующие одно дифференциальное уравнение в мультифизические модели для расчета связанных между собой физических явлений. Расчет не требует глубокого знания математической физики и метода конечных элементов. Это возможно благодаря встроенным физическим режимам, где коэффициенты УРЧП задаются в виде понятных физических свойств и условий, таких как: теплопроводность, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, объемная мощность и так далее в зависимости от выбранного физического раздела. Преобразование этих параметров в коэффициенты математических уравнений происходит автоматически.

Модуль General Heat Transfer (GHT) предназначен для моделирования процессов теплопереноса с произвольной комбинацией механизмов передачи

тепла (теплопроводность, конвекция и излучение). Теплопередачу излучением можно рассматривать как излучение с поверхности на поверхность или с поверхности к окружающей среде. Модуль GHT содержит в себе краевые условия для слоев с высокой теплопередачей или наоборот задачи теплоизоляционных слоев.

К основным достоинствам GHT COMSOL Multiphysics можно отнести моделирование практически всех физических процессов теплопередачи, которые описываются дифференциальными уравнениями в частных производных (УРЧП). Задачи в COMSOL Multiphysics решаются методом конечных элементов. Программа содержит библиотеку УРЧП и различные средства для моделирования и симуляции. К ним относятся средства для геометрических построений, генераторы сетки, различные решатели для линейных и нелинейных задач и инструменты постобработки. COMSOL Multiphysics позволяет решать мультифизические задачи, где комбинируется произвольное число УРЧП и благодаря этому производится комплексный анализ физической модели.

На рисунках 2.3.1-2.3.3 приведены примеры сеточных областей кранов Балломакс с диаметрами условного проходного отверстия 125, 250, 500 (мм).

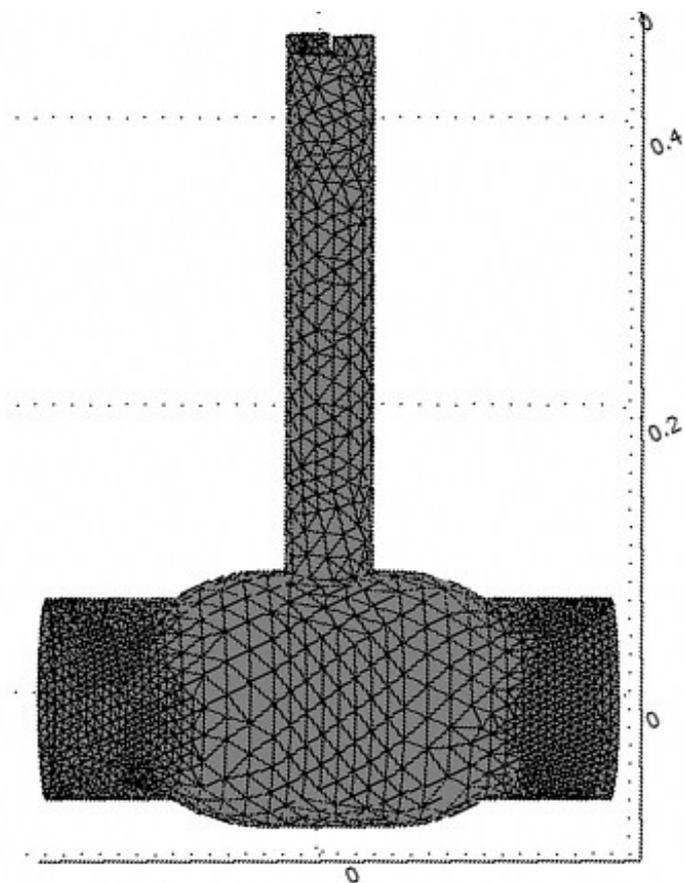


Рисунок 2.3.1. Сеточная область шарового запорного крана Броен Балломакс с диаметром условного проходного отверстия 125мм.

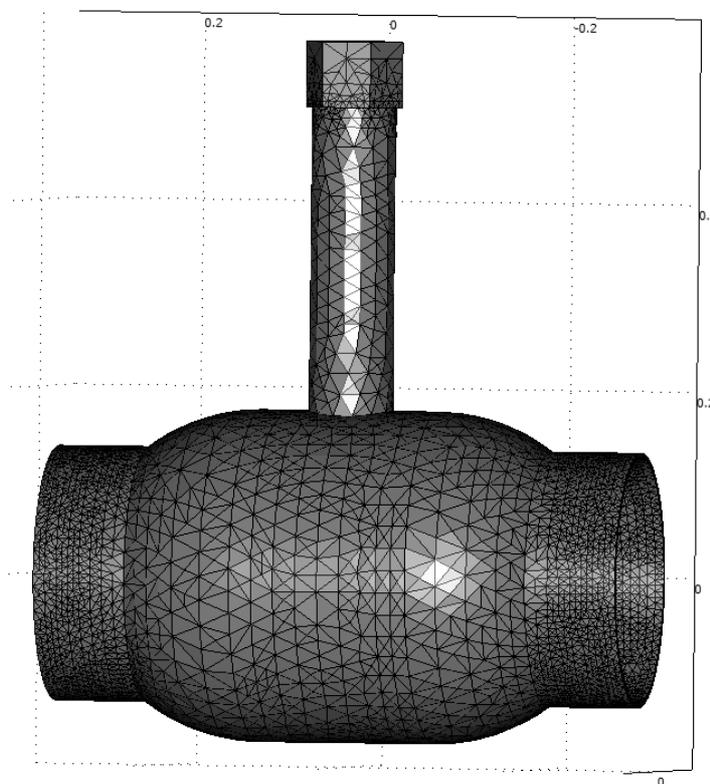


Рисунок 2.3.2. Сеточная область шарового запорного крана Броен Балломакс с диаметром условного проходного отверстия 250мм.

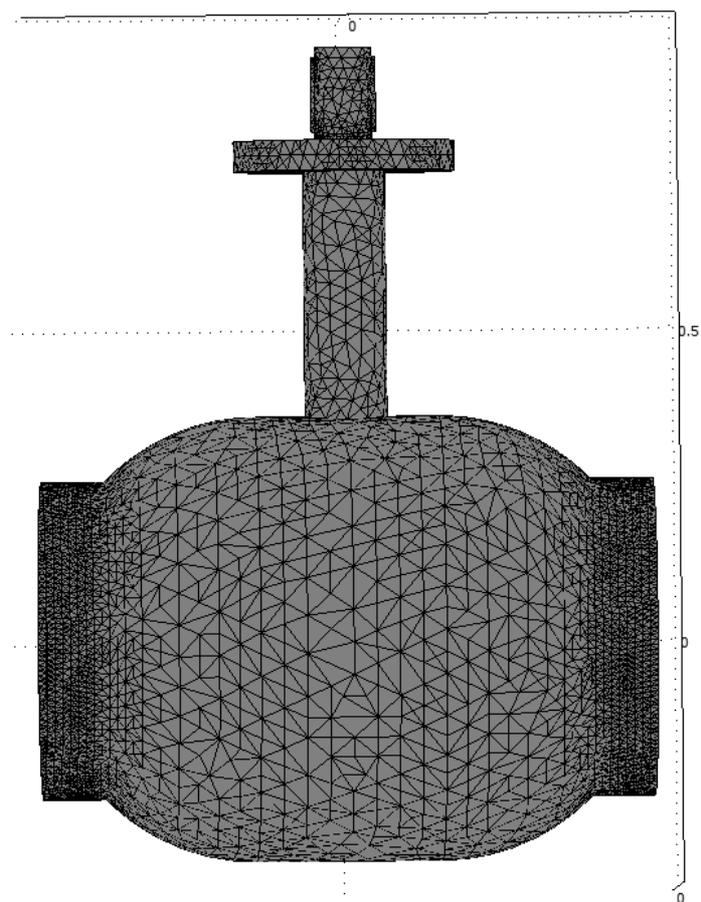


Рисунок 2.3.3. Сеточная область шарового крана с диаметром условного проходного отверстия 500мм.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Сергиенко Василий Александрович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию научного исследования</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым выплатам – 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	<i>Технико-экономическое обоснование НИИР</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Не разрабатывается</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение этапов работы, трудоемкости работы, составление план-графика, сметы затрат, оценка научно – технической результативности НИИР.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение экономической эффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *График проведения и бюджет НИИР*
2. *Оценка научно – технической результативности НИИР*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Сергиенко Василий Александрович		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Целью данного раздела работы является технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы (НИР). Оно проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию НИР, а также уровня научно-технической результативности НИР. Для достижения поставленных целей данного раздела поставлены следующие задачи [57]:

1. Определение этапов работы;
2. Определение трудоемкости работы;
3. Составление план – графика;
4. Составление сметы затрат;
5. Оценка научно-технической результативности НИР.

Первоначально производится организация и планирование работ, куда включается определение этапов работы и их трудоемкости.

3.1. Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Первоначально составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители (инженер, научный руководитель). Результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика (диаграмма Ганта).

Диаграмма Ганта – горизонтальная линейная диаграмма, на которой работы проекта представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися временными и другими параметрами.

Для построения линейного графика составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям в таблице 3.1.1. Основные исполнители в проекте: инженер (И) и научный руководитель (НР).

Таблица 3.1.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ п/п	Наименование работ	НР, %	И, %
1	Формулирование задачи	100	–
2	Составление технического задания на проект	50	50
3	Поиск и изучение литературы	–	100
4	Разработка календарного плана	50	50
5	Копирование литературы	–	100
6	Распределение литературы по темам	–	100
7	Разработка методики решения поставленной задачи анализ теплотерь запорной арматуры Тепловых сетей	20	80
8	Решение данной задачи с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics.	20	80
9	Обработка результатов численного моделирования.	–	100
10	Анализ полученных результатов и сравнение их с существующими работами	10	90
11	Работа над разделом «Социальная ответственность»	–	100
12	Работа над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	–	100

Перейдем к расчету продолжительности этапов работ, который осуществляется опытно-статистическим методом, который реализуется

вероятностным способом. Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ воспользуемся формулой:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (3.1.1)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн; t_{max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях, $T_{рд}$ ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (3.1.2)$$

где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{вн} = 1$);

$K_{д}$ коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{д} = 1, 2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях, $T_{кд}$ ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к}, \quad (3.1.3)$$

где $T_{к}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности, $T_{к}$ рассчитывается по формуле:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (3.1.4)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$); $T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 52$);

$T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 12$). 365

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,213$$

Формулы (3.1.1) – (3.1.4) рассчитывались по [1]. В таблице 3.1.2 приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе. На основании таблицы 3.1.2 составим линейный график работ и представим его на рисунке 3.1.2.

Таблица 3.1.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

№ п/п	Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	Трд		Ткд	
						НР	И	НР	И
1	Формулирование задачи	НР	1	1	1	1,2	–	1,45	–
2	Составление технического задания на проект	НР, И	1	2	1,8	1,08	1,08	1,3	1,3
3	Поиск и изучение литературы	И	10	35	20	–	24	–	29,1
4	Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,8	1,08	1,08	1,3	1,3
5	Копирование литературы	И	1	1	1	–	1,2	–	1,45
6	Распределение литературы по темам	И	2	5	3,2	–	3,84	–	4,66
7	Разработка методики решения поставленной задачи анализ тепловых потерь запорной арматуры тепловых сетей	НР, И	5	15	9	2,16	8,64	2,6	10,5

8	Решение данной задачи с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics.	НР, И	19	50	31,4	7,5	30,1	9,2	36,6
9	Обработка результатов численного моделирования.	И	5	20	11	–	13,2	–	16
10	Анализ полученных результатов и сравнение их с существующими работами	НР, И	3	10	5,8	0,58	5,22	0,7	6,3
11	Работа над разделом «Социальная ответственность»	И	2	7	4	–	4,8	–	5,8
12	Работа над разделом	И	2	7	4	–	4,8	–	5,8

	«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»								
13	Работа над заключительной частью	И	2	7	4	–	4,8	–	5,8
14	Оформление расчетно – пояснительной записки	И	3	10	5,8	–	6,96	–	8,44
15	Распечатка расчетно – пояснительной записки и демонстрационных листов	И	1	1	1	–	1,2	–	1,45
16	Проверка расчетно – пояснительной записки и исправление ошибок	НР	1	3	1,8	2,2	–	2,6	–
17	Сдача расчетно – пояснительной записки руководителю	И	1	1	1	–	1,2	–	1,45
Итого:					107,6	15,8	112,1	19,2	136

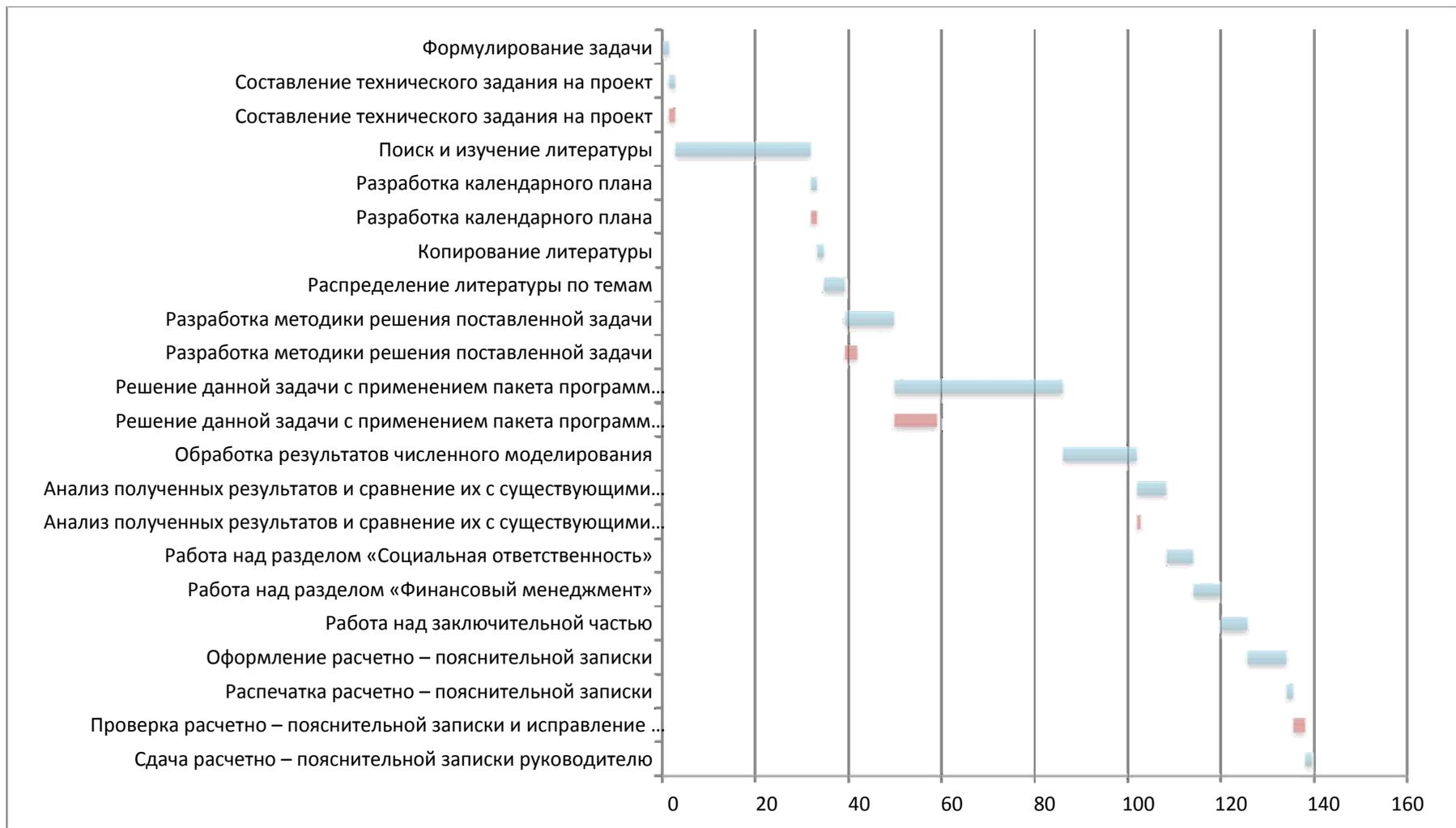


Рисунок 3.1.2 – Линейный график работ на основе рассчитанного для инженера и научного руководителя времени $T_{КД}$

3.2 Расчет сметы затрат на исследование

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

1. Материалы и покупные изделия;
2. Основная заработная плата;
3. Дополнительная заработная плата
4. Отчисления в социальные фонды;
5. Расходы на электроэнергию;
6. Амортизационные отчисления;
7. Работы, выполняемые сторонними организациями;
8. Прочие расходы.

Оценим затраты на материалы. К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по средней рыночной стоимости на 2016 год по соответствующим ценникам и приведена в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Расходные материалы [58]

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Офисная техника			
Компьютер	30000	1	30000
Мышка	500	1	500
Принтер	4000	1	4000
Итого:	34500		

Расходы на материалы составили $C_{\text{мат}} = 34500$ руб.

Следующей статьёй расходов НИР для оценки является заработная плата исполнителей. Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{Дневная з.пл.} = \frac{\text{Месячный оклад}}{25,17 \text{ дней}}, \quad (3.2.1)$$

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 4.2.2.

Таблица 3.2.2 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	К	Фонд з/платы, руб.
НР	24000	953,5	19,2	1,4	25630
И	12000	476,7	136	1,4	90764
Итого:					116394

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили $ЗП_{осн} = 116394$ руб. При расчете учитывалось, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце 25,17 рабочих дней. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 3.1.2. Также был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{ПР} = 0,1$ и районный коэффициент $K_{РК} = 0,3$.

Итоговый коэффициент ($K = 1 + K_{ПР} + K_{РК} = 1 + 0,1 + 0,3 = 1,4$).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении работы:

$$ЗП_{доп} = 0,1 \cdot ЗП_{осн}, \quad (3.2.2)$$

$$ЗП_{доп} = 0,1 \cdot 116394 = 11639,4 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы:

$$\Phi ЗП = ЗП_{осн} + ЗП_{доп}, \quad (3.2.3)$$

$$\Phi_{3П} = 116394 + 11639,4 = 128033 \text{ руб.}$$

Расчет отчислений от фонда оплаты труда.

Затраты по этой статье составляют отчисления по единому социальному налогу (ЕСН).

Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$C_{\text{соц}} = K_{\text{соц}} \cdot \Phi_{3П}, \quad (3.2.4)$$

где $K_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы. Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату.
 $C_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 128033 = 38410$ руб.

Формулы (3.2.1) – (3.2.4) рассчитывались по [57].

Перейдем к расчету затрат на электроэнергию. Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования, а также затраты на электроэнергию, потраченную на освещение. Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей $\mathcal{E}_{\text{об}}$ рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{об}} = P_{\text{об}} \cdot C_{\mathcal{E}} \cdot t_{\text{об}}, \quad (3.2.5)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\mathcal{E}}$ – тарифная цена за 1 кВт·час, принимаем $C_{\mathcal{E}} = 1,8$ руб/кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе данных для $T_{\text{рд}}$ таблицы 3.1.2 для инженера из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot 8, \quad (3.2.6)$$

$$t_{\text{об}} = 112 \cdot 8 = 896 \text{ час.}$$

Мощность, потребляемая оборудованием $P_{\text{об}}$, принимаем равную мощности блока питания компьютера и монитора:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{БП}} + P_{\text{М}}, \quad (3.2.7)$$

$$P_{\text{об}} = 0,4 + 0,1 = 0,5 \text{ кВт,}$$

$$\mathcal{E}_{\text{об}} = 0,5 \cdot 1,8 \cdot 896 = 806,4 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию для освещения помещения, где осуществлялось выполнение проекта Δ_{OC} , рассчитываются по формуле:

$$\Delta_{OC} = P_{OC} \cdot \Pi_{\Delta} \cdot t_{OC}, \quad (3.2.8)$$

где P_{OC} – мощность, потребляемая осветительными приборами, кВт;

t_{OC} – время работы осветительных приборов, час.

Мощность, потребляемая освещением P_{OC} , определяется по формуле:

$$P_{OC} = P_{уст. OC} \cdot K_C, \quad (3.2.9)$$

где $P_{уст. OC}$ – установленная мощность осветительных приборов, принимаем

$$P_{уст. OC} = 1,28 \text{ кВт};$$

K_C – коэффициент спроса для внутреннего освещения, принимаем $K_C = 0,9$.

$$P_{OC} = 1,28 \cdot 0,9 = 1,15 \text{ кВт}.$$

Время работы освещения t_{OC} , час, определяется по формуле:

$$t_{OC} = t_{сут} \cdot T, \quad (3.2.10)$$

где $t_{сут}$ – длительность работы освещения за смену, час;

T – время, затраченное на проведение работ, принимаем $T = 112$ дней.

$$t_{OC} = 5 \cdot 112 = 560 \text{ час},$$

$$\Delta_{OC} = 1,15 \cdot 1,8 \cdot 560 = 1159,2 \text{ руб}.$$

Общие затраты на электроэнергию Δ , руб, определяются по формуле:

$$\Delta = \Delta_{OB} + \Delta_{OC}, \quad (3.2.11)$$

$$\Delta = 806,4 + 1159,2 = 1965,6 \text{ руб}.$$

Формулы (3.2.5) – (3.2.11) рассчитывались по [59].

Следующим этапом расчёта затрат является расчет амортизационных расходов.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot \Pi_{OB}}{F_D} \cdot t_{BT}, \quad (3.2.12)$$

где N_A – годовая норма амортизации, принимаем $N_A = 25\%$;

Π_{OB} – цена оборудования, исходя из таблицы 4.2.1 принимаем $\Pi_{OB} = 30000$ руб.;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени, принимаем $F_D = 2416$ часов; t_{BT} – время работы вычислительной техники при создании программного продукта, $t_{BT} = 112 \cdot 8 = 896$ час.;

$$C_{AM} = \frac{0,25 \cdot 30000}{2416} \cdot 896 = 2781,5 \text{ руб.}$$

Для оценки не учтённых в предыдущих статьях расходов рассчитаем прочие расходы [57].

Прочие расходы составляют 16 % от единовременных затрат на выполнение технического продукта и проводятся по формуле:

$$C_{ПРОЧ} = (C_{МАТ} + C_{ОСН} + C_{СОЦ} + Э + C_{AM}) \cdot 0,16, \quad (3.2.13)$$

$$C_{ПРОЧ} = (34500 + 116394 + 38410 + 1965,6 + 2781,5) \cdot 0,16 = 31048,2 \text{ руб.}$$

Формулы (3.2.12) – (3.2.13) рассчитывались по [57].

Определим общую себестоимость НИР путем сведения рассчитанных статей расчета в смету (таблица 3.2.3).

Таблица 3.2.3 – Смета затрат на НИР

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
1	2	3
1 Материалы и покупные изделия	$C_{МАТ}$	34500
2 Фонд оплаты труда	$C_{ОСН}$	116394
3 Отчисления из ФОТ	$C_{СОЦ}$	38410
4 Расходы на электроэнергию	Э	1965,6
5 Амортизационные отчисления	C_{AM}	2781,5
6 Работы, выполняемые сторонними организациями	$C_{СТОП}$	–
7 Прочие расходы	$C_{ПРОЧ}$	31048,2
Итого:		225099

Таким образом, расходы на научно–исследовательскую работу составили $C = 225099$ руб.

3.4 Оценка научно-технической результативности научно-исследовательской работы

Оценка научной и научно-технической результативности НИР производится с помощью системы взвешенных балльных оценок. Для фундаментальных НИР рассчитывается только коэффициент научной результативности (таблица 3.3.1), а для поисковых работ и коэффициент научно-технической результативности (таблица 3.3.2). Оценки коэффициентов могут быть установлены только на основе опыта и знаний научных работников, которые используются как эксперты. Оценка научно-технической результативности прикладных НИР производится на основе сопоставления достигнутых в результате выполнения НИР технических параметров с базовыми (которые можно было реализовать до выполнения НИР).

Таблица 3.3.1 – Характеристики факторов и признаков научной результативности НИР

Фактор научной результативности	Коэф. значимост и фактора	Качество фактора	Характеристика фактора	Коэф. достигнутого уровня
Новизна полученных результатов	0,5	Высокая	Новые результаты позволяющие более точно определять и рассчитывать тепловые потери от запорной арматуры тепловых сетей	1
Глубина научной проработки	0,35	Средняя	Невысокая сложность расчетов, основанная на ранее разработанной модели	0,6
Степень вероятности успеха	0,15	Высокая		1

Таблица 3.3.2 – Характеристики факторов и признаков научно-технической результативности НИР

Фактор научной результативности	Коэф. значимости фактора	Качество фактора	Характеристика фактора	Коэф. достигнутого уровня
Перспективность использования результатов	0,5	Полезная	Результаты будут использованы при последующих НИР и разработках	0,5
Масштаб реализации результатов	0,3	Отдельные фирмы и предприятия	Время реализации: до 5 лет на предприятиях отрасли распределения тепловой энергии	0,5
Завершенность результатов	0,2	Средняя	Рекомендации, развернутый анализ, предложения	0,6

В этом случае коэффициент научно-технической результативности определяется по формуле:

$$K_{\text{нр(нтр)}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{вли}} \cdot K_{\text{пн}}, \quad (3.3.1)$$

где $K_{\text{вли}}$ – коэффициент влияния i – го параметра на научно-техническую результативность; $K_{\text{пн}}$ – коэффициент относительного повышения i – го параметра по сравнению с базовым значением.

Формула (3.3.1) рассчитывались по [60].

Для удобства выполнения расчетов данные сводятся в таблице 3.3.3.

Таблица 3.3.3 – Оценка научно-технической результативности НИР

Параметр	$K_{ВЛi}$	$K_{Пi}$	$K_{ВЛi} \cdot K_{Пi}$
Новизна полученных результатов	0,5	1	0,5
Глубина научной проработки	0,35	0,6	0,21
Степень вероятности успеха	0,15	1	0,15
Перспективность использования результатов	0,5	0,5	0,25
Масштаб реализации результатов	0,3	0,5	0,15
Завершенность результатов	0,2	0,6	0,12

Коэффициент научной результативности:

$$K_{нр}=0,5+0,21+0,15=0,86.$$

Коэффициент научно-технической результативности:

$$K_{нтр}=0,25+0,15+0,12=0,52.$$

В ходе экономического обоснования научно-исследовательской работы была проведена количественная оценка научной результативности НИР и получен соответствующий коэффициент $K_{нр}=0,86$, а также был рассчитан коэффициент научно-технической результативности $K_{нтр}=0,52$, что показывает высокую результативность проведенной научно-исследовательской работы.

Вывод по главе:

Результатом НИР является достижение научного, научно-технического и экономического эффектов. Научный эффект характеризуется получением новых научных знаний и отражает прирост информации, предназначенной для «внутринаучного» потребления. Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов выполняемых исследований в других НИР и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой продукции. Экономический эффект характеризует коммерческий эффект, полученный при использовании результатов прикладных НИР.

Определены этапы и трудоемкость работы, составлен линейный график работ на основе рассчитанного для инженера и научного руководителя времени

$T_{\text{КД}}$. Рассчитана смета затрат на научное исследование, таким образом, расходы на научно-исследовательскую работу составили $C = 225099$ руб.

В результате проведения численного анализа тепловых потерь в запорной арматуре в тепловых сетях с использованием конвективно-кондуктивной модели теплопереноса, был сделан вывод, существующий метод определения теплотерь несовершенен и не достаточно точен, а наличие в конструкциях теплопроводов тепловых сетей надежной теплоизоляции позволит минимизировать тепловые потери при их эксплуатации. Следовательно, затраты на научное исследование будут оправданы.

В ходе оценки научной результативности НИР был получен коэффициент научной результативности $K_{\text{нр}}=0,86$, а также был рассчитан коэффициент научно-технической результативности $K_{\text{нтр}}=0,52$, что показывает высокую результативность проведенной научно-исследовательской работы.