

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Экспериментальное исследование процесса теплообмена в пористых, насыщенных жидкостью, замораживаемых веществах при электроосмотической фильтрации

УДК 536.485

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Емеленчук Владимир Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Максимов В.И.	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		

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

(бакалаврской работы)

Студенту:

Группы	ФИО
5Б2Б	Емеленчук Владимир Александрович

Тема работы:

Экспериментальное исследование процесса теплообмена в пористых, насыщенных жидкостью, замораживаемых веществах при электроосмотической фильтрации

Утверждена приказом ректора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

17 июня 2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Объект исследования – пористый материал – пенополиуретан, насыщенный водой, замораживается в холодильной установке при воздействии на него различных значений электроосмотических сил. Изменение электроосмотических сил осуществляется с помощью изменения напряжения и полярности на коллекторах источника питания.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор, разработка и изготовление экспериментального стенда Анализ полученных экспериментальных данных. Заключение.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Слайды презентации на _____ страниц</p>
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основной раздел	Максимов Вячеслав Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Максимов Вячеслав Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2Б	Емеленчук Владимир Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 80 страниц, 30 рисунков, 28 таблиц, 35 источников.

Ключевые слова: электроосмос, пористый материал, кристаллизация, фазовый переход, холодильная установка.

Объектом исследования является пористый, насыщенный жидкостью, материал из пенополиуретана замораживаемый при низких температурах с разными значениями напряжений и полярностью на электроосмотических коллекторах.

Цель работы – исследование процесса заморозки пористого, насыщенного жидкостью, материала при воздействии на него электроосмотических сил.

В процессе исследования была разработана методика проведения опыта и изготовлен экспериментальный стенд. Изучены процессы заморозки пористых материалов, насыщенных жидкостью. На основании экспериментальных данных получены зависимости распределения температуры в материале по времени при варьировании объема насыщения и интенсивности электроосмотических сил.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: пенополиуретан размерами 0,06x0,095x0,025 м и пористостью 72 %, многоканальный измеритель температур УКТ-38-Щ4, электроосмотические коллекторы, источник питания Б5-44 с диапазоном изменения напряжения 0-30 В, холодильная камера размерами 0,43x0,48x0,20 м.

Оглавление

Введение	6
1. Обзор литературы	8
2. Методика проведения исследования	23
3. Основные результаты исследования и их анализ	36
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
4.1 SWOT-анализ	49
4.2 Экспертная оценка	51
4.3 Календарный план	54
4.4 Бюджет, смета проекта	57
4.5 Оценка ресурсоэффективности	59
5. Социальная ответственность	63
5.1.1 Обеспечение надлежащего микроклимата в помещении	64
5.1.2 Обеспечение снижения уровня электромагнитного излучения	65
5.1.3 Обеспечение санитарных норм по освещению	66
5.1.4 Обеспечение санитарных норм по уровню шума	70
5.2.1 Обеспечение электробезопасности	72
5.3 Экологическая безопасность проекта	73
5.4 Обеспечение безопасности при ЧС	73
5.5 Анализ условий труда	75
Заключение	77
Список использованных источников	78

Введение

Процесс замерзания встречается не только в природе в холодное время года, но и в различных отраслях промышленности, в том числе и в энергетике. Холодильные установки имеют широкий спектр применения, как в промышленности, например для производственных циклов, требующих притока жидкости с заданной низкой температурой или для охлаждения жидкости с целью повышения показателя растворимости газов, так и в быту, например для охлаждения продуктов питания и воздуха в помещении. Таким образом, холодильные установки являются незаменимыми устройствами для получения низких температур.

С развитием экономики и энергетики при больших масштабах производства, приходится использовать оборудование, потребляющее значительное количество электроэнергии, что в свою очередь увеличивает экономические затраты на производственный процесс. В связи с этим возникает необходимость применения энергосберегающих мероприятий на таких производствах.

В данной работе исследуется процесс заморозки пористых, насыщенных жидкостью, веществах при использовании электроосмотических сил.

Цель работы: исследование процесса заморозки пористого, насыщенного жидкостью, материала при воздействии на него электроосмотических сил.

Научная новизна работы: Разработана методика и создана экспериментальная установка для изучения процессов заморозки пористого, насыщенного жидкостью, материала под воздействием электроосмотических сил. Проведены экспериментальные исследования процесса заморозки пористого, насыщенного жидкостью, материала. Выявлены основные механизмы влияния электроосмотических сил на процесс заморозки.

Практическая значимость: создан экспериментальный стенд по исследованию процесса заморозки насыщенного жидкостью материала при

воздействию на него электроосмотических сил. Разработанная методика проведения экспериментального исследования и способ обработки полученных данных, могут быть использованы для научных исследований процессов заморозки различных материалов и жидкостей и при проведении лабораторных работ по учебным дисциплинам связанных с изучением процессов теплообмена при охлаждении веществ.

1 Обзор литературы

Микро- и нанофлюидика – новые междисциплинарные области науки, одной из задач, которых является создание и управление потоками жидкости в тонких каналах размером несколько десятков нано- или микрометров. В статье [1] рассматриваются задачи, в которых стенками каналов служат ионообменные мембраны и накладывается внешнее электрическое поле. Такие задачи возникают в молекулярной биологии, при создании «лабораторий на чипе», в микро- и нанофлюидных устройствах [2-4]. Важную роль в этих задачах играет электроосмос (электроконвекция), движение раствора под действием внешнего поля. Электроосмосу посвящено большое число работ. Духин С.С. и Мищук Н.А. [16, 17], и Рубинштейн И. [5, 6] первыми дали теоретическое объяснение сверхпредельного тока электроосмосом. Для этого они использовали двумерное уравнение Стокса для расчета течения раствора электролита и одномерные уравнения Нернста-Планка и Пуассона для расчета величины электрической силы. Однако в этих работах для математического моделирования накладываются следующие ограничения: нет вынужденной конвекции, в двумерном случае вместо уравнения Пуассона, которое используется только в одномерном случае, используется условие скольжения на межфазной границе в сочетании с условием электронейтральности. Использование приближенных решений краевых задач для одномерных [7-12], а не двумерных уравнений Нернста-Планка и Пуассона объясняется математическими сложностями исследования двумерных уравнений.

Впервые исследование электроконвекции на основе численного решения двумерной системы уравнений Нернста-Планка и Пуассона и Навье-Стокса проведено в работах [13-15] с некоторыми ограничениями на величины начальной концентрации и скорости протока раствора. Таким образом, возникает актуальная проблема асимптотического решения краевых задач для двумерных систем уравнений Нернста-Планка и Пуассона без этих ограничений. Электромембранные системы работают в различных

электрических режимах такие как: потенциодинамический (потенциостатический) – задается падение потенциала или гальванодинамический (гальваностатический) режим – задается средняя плотность тока в цепи. В физическом смысле эти режимы равноправны, но удобно проводить исследования в гальваностатическом режиме, т. к. предельные значения плотности тока известны: ток Харкаца, ток экзальтации, предельный ток и т.д. [18]. Этим предельным значениям не всегда легко экспериментально или теоретически сопоставить конкретные значения разности потенциалов. Так, например, критическому значению тока теоретически соответствует бесконечно большое значение разности потенциалов. В связи с этим, на данный момент накоплено огромное количество экспериментальных данных сделанных для гальванодинамического (гальваностатического) режима, требующие анализа. В связи с этим возникает проблема вывода уравнений и краевых условий, удобных для моделирования этих режимов. Двумерная математическая модель гальваностатического режима при выполнении условия локальной электронейтральности впервые была представлена в работе [19].

В работе [1] с использованием метода декомпозиции разработана система иерархических моделей электроосмоса в микро- и наноканалах ограниченных ионообменными мембранами. Построена простейшая модель электроосмоса для 1:1 электролита с одинаковыми коэффициентами диффузии катионов и анионов. Эта модельная задача достаточно проста для численного и аналитического решения и может служить эталонной моделью электроосмоса в микро- и наноканалах.

В работе [21] подробно рассмотрено микрофлюидное смешивание при движении электроосмотической волны. В данном исследовании моделирование движения электроосмотической волны выполняется с использованием метода конечных элементов. Результаты анализа показывают, что при подведении на две электродные матрицы, расположенные с обеих сторон короткого микроканала (400 мкм) разделяющей стенки, переменного тока, создается

хаотичный, смешивающий поток. Изменение фазового сдвига электродов вызывает конвективные и диффузионные механизмы смешивания, вследствие побуждения электроосмотической волной симметричных и асимметричных циркуляционных зон. Так же анализы исследования показывают, что качество смешивания может достигать 98 % при небольшом напряжении, так же на качество влияют: проводимость, частота переменного тока, геометрия канала. При этом возникают небольшие изменения температуры и разности давления в микроканале.

Экспериментальные исследования влияния двойного электрического слоя на процесс фильтрации представлены в работе [22]. В рамках данного исследования ставится задача изучения поведения фильтрационных характеристик тонкопорового коллектора, а также электрокинетических потенциалов, определяющих поверхностные свойства пористой среды при изменении минерализации пластового флюида. Принципиальное отличие тонкопоровых коллекторов от крупно- и среднепоровых состоит в том, что для них толщина δ двойного электрического слоя (ДЭС) на границе флюид–минерал становится сопоставимой с радиусом пор и поровых каналов. Очевидно, что ДЭС может существенно влиять как на проницаемость коллектора k , так и на величину остаточной насыщенности S_{oi} . Установив закономерности изменения величины δ при изменении параметров флюида и процесса фильтрации, можно тем самым указать способ управления параметрами k и S_{oi} . В результате проведенных экспериментов были получены следующие зависимости:

1. Зависимость потенциала двойного электрического слоя от концентрации электролита (рис. 1), указывающая на уменьшение толщины ДЭС (его размывание) при росте концентрации, именно этот механизм приводит к увеличению объема движущейся жидкости, т.е. к увеличению динамического объема порового пространства керна.

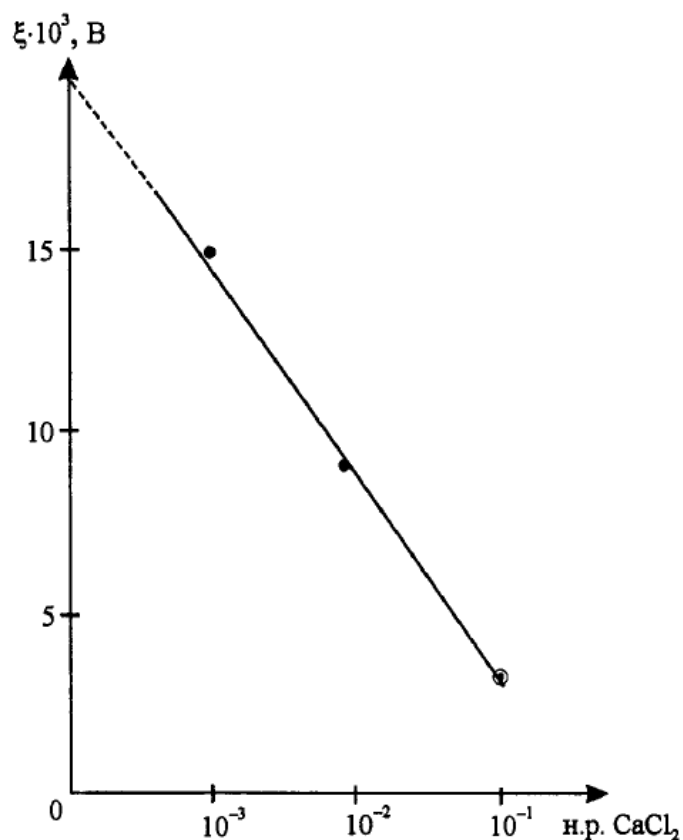


Рисунок 1 – Зависимость ζ -потенциала при различных концентрациях $CaCl_2$ (пунктирное продолжение кривой до пересечения с осью ординат позволяет определить значение ζ -потенциала для дистиллированной воды)

2. Зависимость роста проницаемости керна с увеличением концентрации соли в фильтрующемся растворе (рис. 2), что связано с разрушением двойного электрического слоя и соответствующим увеличением эффективного радиуса поровых каналов.

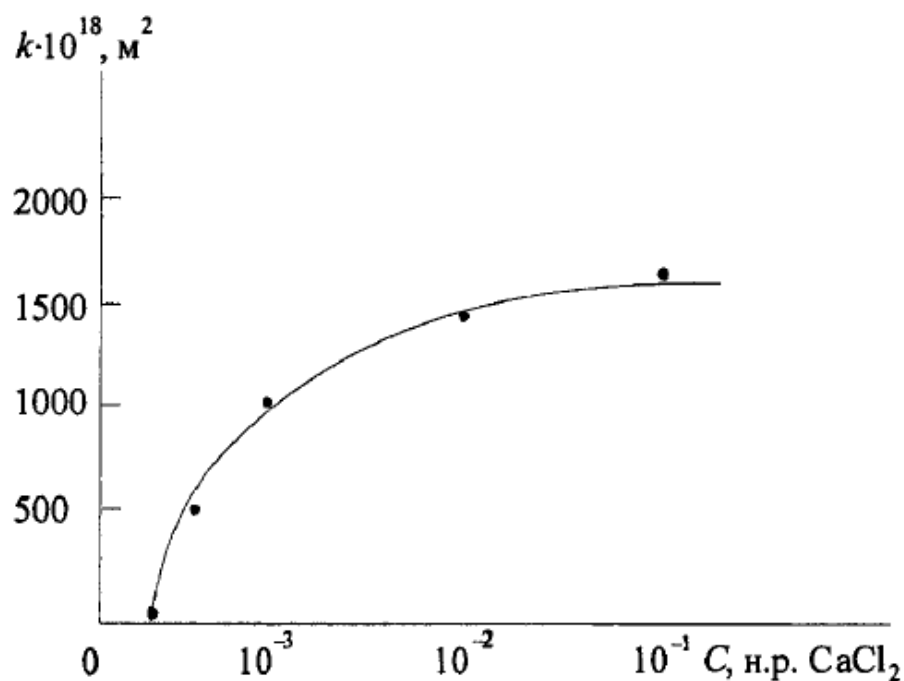


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента проницаемости от концентрации фильтруемого раствора CaCl_2

Электроосмос широко распространен в области строительства одним из примеров может служить электроосмотический метод ликвидации сырости стен зданий, представленный в работе [20]. Механизм электрокинетических явлений основываются на представлении о наличии двойного электрического слоя на границе раздела фаз (в данном случае — кирпич — вода). При этом один слой зарядов (рис. 3) образуется на твёрдой фазе, а другой, в виде ионов, — у его поверхности (своеобразный микроконденсатор с очень маленьким расстоянием между обкладками).

Распределение ионов в двойном электрическом слое можно сопоставить с распределением молекул газов в атмосфере Земли: чем они ближе к поверхности твердой фазы, тем больше электростатические силы притяжения и плотность ионов, несущих знак заряда, противоположный знаку заряда твёрдой фазы, и наоборот, плотность ионов меньше, если они дальше находятся от поверхности. Но т.к. ионы имеют определенный радиус, то их электрические центры не могут вплотную подойти к поверхности, поэтому у поверхности образуется слой, толщина которого равна ионному радиусу. Потенциал внутри

слоя изменяется линейно, так как в нем нет электрических зарядов. Эта часть двойного электрического слоя получила название плотного или внутреннего.

Другая часть электрического слоя, где распределены находящиеся в тепловом движении ионы, называется диффузной. Плоскость, разделяющая диффузный и внутренний (плотный) слои, носит название плоскости Гельмгольца (в честь немецкого физика — создателя первой теории двойного электрического слоя).

Двойной электрический слой определяет скорость перемещения влаги и скорость электродных процессов. При изучении влияния различных веществ на строение двойного электрического слоя, можно определить, какие из веществ изменяют скорость процесса и направляют его в нужную нам сторону.

До тех пор, пока внешнее электрическое поле отсутствует, ионы находятся под влиянием теплового движения и электростатического взаимодействия друг с другом. При появлении внешнего поля происходит направленное перемещение ионов к электродам, при этом направление перемещения определяется знаком заряда твердой фазы.

Закономерности, обнаруженные при опытах различными исследователями [20]:

- количество перенесённой жидкости пропорционально силе тока;
- объем перенесённой жидкости на единицу силы тока не зависит от площади сечения капиллярной системы (диафрагмы) и от ее толщины (длины капилляров);
- объем перенесённой жидкости, отнесённый к единице силы тока, возрастает с увеличением сопротивления жидкости (уменьшением концентрации раствора);
- при данном радиусе капилляров высота, до которой может быть поднята жидкость (максимальное электроосмотическое давление), пропорциональна силе тока.

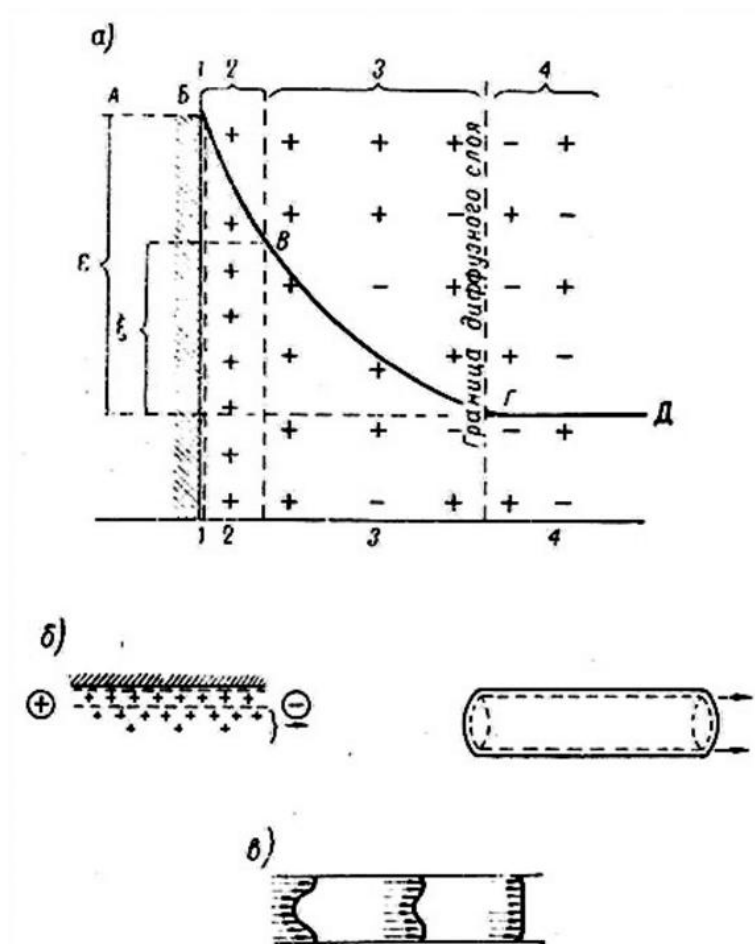


Рисунок 3 – схема явления электроосмоса

а — графическое изображение двойного слоя: 1—1 — слой зарядов, прочно скрепленных с внутренней частью тела (внутренняя обкладка конденсаторов); 2—2 — слой противоположно заряженных неподвижных зарядов; 3—3 — диффузный слой, который вместе с 2—2 образует как бы внешнюю обкладку конденсатора; 4—4 — свободный раствор; А—В — уровень потенциала в твердой частице; В—В — падение потенциала в неподвижной части двойного электрического слоя; В—Г — падение потенциала в подвижной части двойного слоя; Г—Д — уровень потенциала в свободном растворе; б — механизм перемещения жидкости при электроосмосе в капилляре круглого сечения; в — распределение скоростей течения жидкости по сечению капилляра до достижения стационарного состояния.

Основной закономерностью электроосмотического переноса следует считать зависимость между скоростью электроосмотического переноса и градиентом внешней разности потенциалов или силой тока.

В результате выше изложенного можно сделать вывод, что для определения возможности ликвидации сырости стен с помощью электроосмоса необходимо, с одной стороны, знать знак заряда твердой поверхности в водных растворах, так как он определяет направление течения жидкости, а для количественной оценки и возможности управления процессами — определить структурные и электроосмотические характеристики кирпичных стен; с другой стороны, необходим длительно действующий источник постоянного электрического тока, который обеспечил бы нужные параметры процесса. При этом должно быть уделено внимание возможности восстановления первоначальных свойств кладки и ее гидрофобизации (т. е. насыщения ионами натрия).

В работе [23] представлена численная модель для моделирования мезоскопического переноса тепла и влаги в мерзлой почве в процессе замораживания. Модель включает в себя способ роста генерации для восстановления стохастической структуры почвы с заданными геометрическими параметрами. Метод решетчатых уравнений Больцмана или метод решетки Больцмана (МРБ), позволяет описать модель для решения многофазного потока текучей среды и модель для решения теплопроводности с изменением фазы в пористых средах. Заданы два типа граничных условий: распределение температуры и адиабатическое граничное условие. Все численные результаты достаточно точно подтверждаются экспериментальными исследованиями. Учитывая мезоскопический характер МРБ, предполагаемая модель является альтернативой традиционным моделям континуума. Исследования показывают, что процесс замораживания делится на три зоны, как показано на рис. 4.

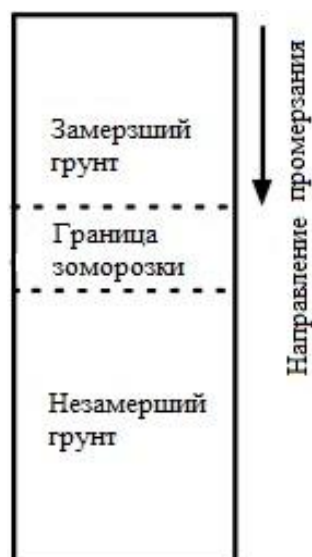


Рисунок 4 – Иллюстрация трех областей в процессе замораживания

В замершем грунте влага перемещается вдоль градиента температуры от высокой температуры к низкой, как в процессе оттаивания, так и при замораживании. Процессы замораживания и высушивания имеют практически одинаковый эффект при удалении воды из почвы. Однако замораживание обеспечивает более быстрый процесс, чем сушка, градиент потенциала содержащего большое количество влаги приводит к быстрому восхождению потока воды. Сравнение экспериментальных результатов и результатов моделирования распределения воды по глубине исследуемого материала проводятся при 12, 24, 50 часах. Фронт замораживания отчетливо виден на рис. 5, рис. 6, рис. 7, где вода быстро накапливается. Можно наблюдать быстрое уменьшение количества воды в замороженной границе и медленное восстановление по глубине грунта. Кроме того благодаря мезоскопической природе МРБ, модель используемая в исследовании, способна не только определить макроскопическое содержание воды, но также предлагает подробное описание того, как микроскопическая структура влияет на распределение воды во время процесса замораживания, который отсутствует в существующих макроскопических моделях.

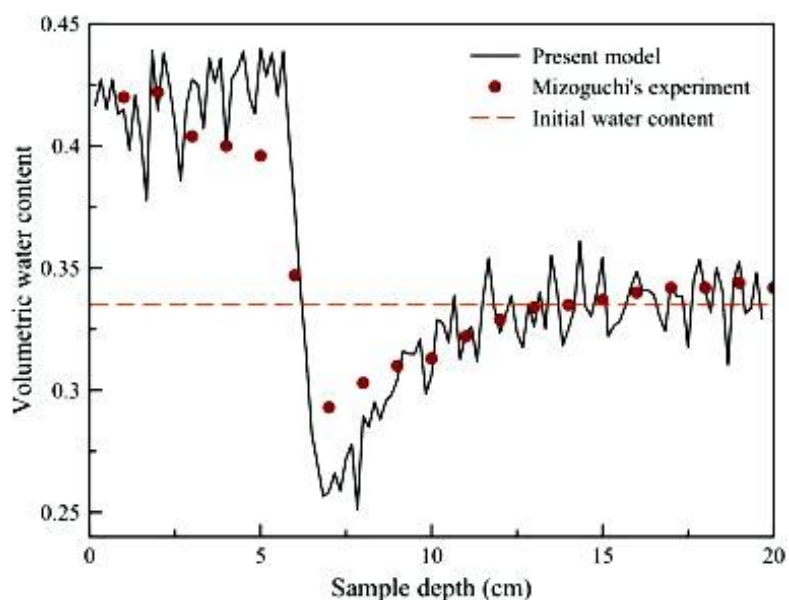


Рисунок 5 – Сравнение экспериментальных и численных результатов распределения воды после 12 часов замерзания

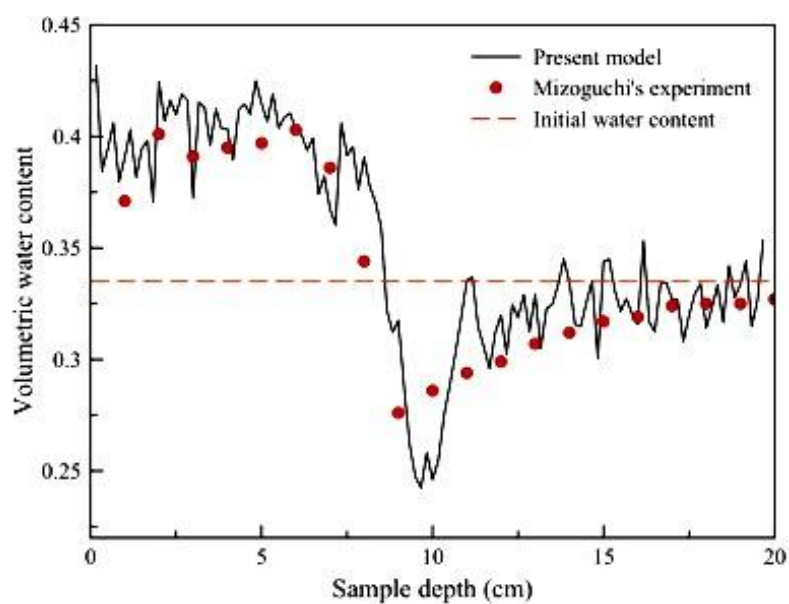


Рисунок 6 – Сравнение экспериментальных и численных результатов распределения воды после 24 часов замерзания

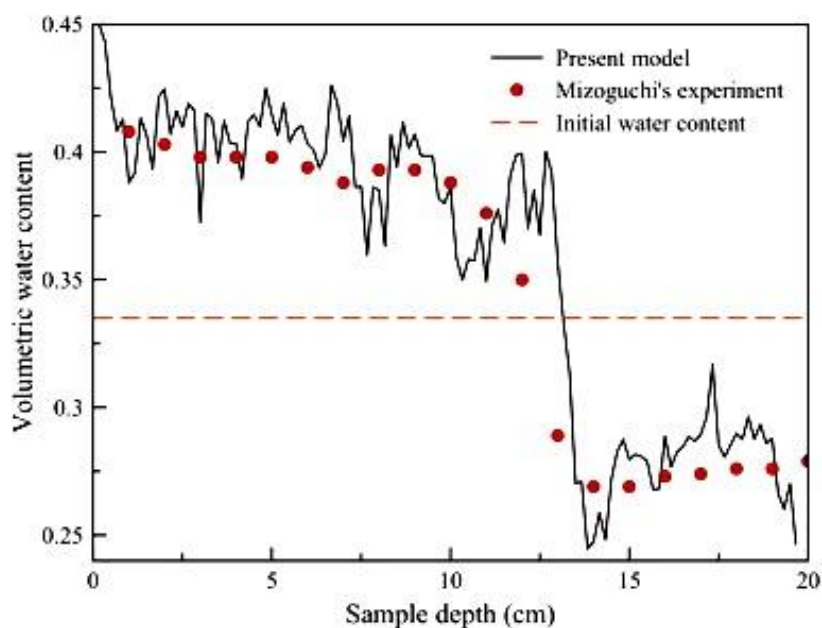


Рисунок 7 – Сравнение экспериментальных и численных результатов распределения воды после 50 часов замерзания

Следует отметить, что, несмотря на точность данной модели в прогнозировании содержания воды, размер замерзшей границы в моделировании меньше чем в эксперименте. В действительности, вода в замороженной границе не замерзает мгновенно, вязкое состояние жидкости обеспечивает дополнительное сопротивление потоку воды в этой зоне.

Также в данной работы были представлены результаты сравнения распределения температуры в эксперименте и в результате моделирования через 12, 24, 45 часов (рис. 8). При этом полагают, что скорость течения воды значительно ниже скорости теплового потока вызванного потоком воды, поэтому им пренебрегают. Это допущение приводит к погрешности в течение первого часа заморозки, когда поток воды имеет большую скорость.

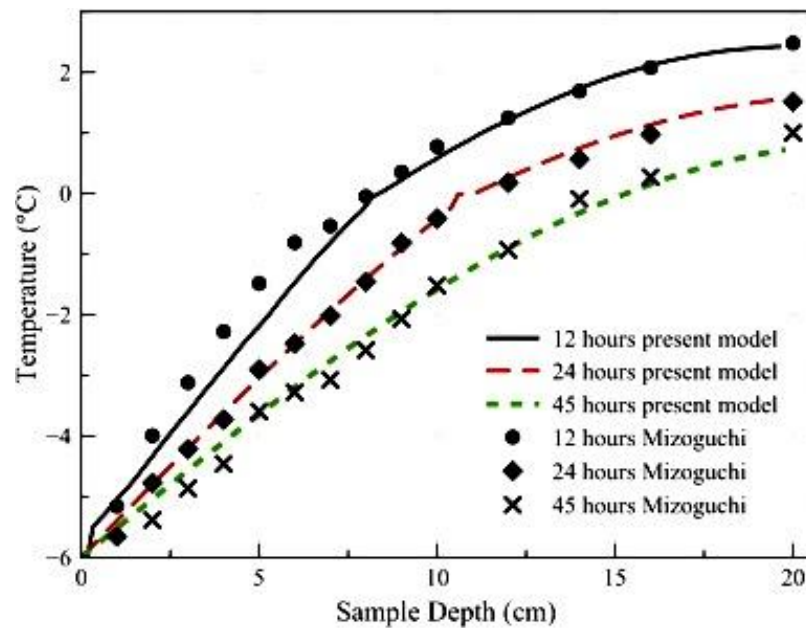


Рисунок 8 – Сопоставление экспериментальных и расчетных результатов распределения температуры через 12, 24 и 45 часов заморозки

В статье [24] представлено аналитическое исследование замерзания полости в термо-поро-упругой среде. Основной целью исследования является – при помощи аналитического решения выявить, как влияет образование льда на различные сооружения – резервуары, трубы, туннели или стволы скважин, находящиеся в земной или горной полости. В данной работе приведены два аналитических решения, основанные на линеаризации системы основных уравнений. Первое решение представляет сферическую полость внутри бесконечной пористой среды. Область применения этой конфигурации остается относительно ограниченным (например, в структуре масштаба, замораживание подземного резервуара, или в материальном масштабе, изучение поведения замерзания воздушной пустоты внутри пористой матрицы). Тем не менее, он обеспечивает точное аналитическое решение, и, таким образом, позволяет оценивать численное обратное преобразования Лапласа, используемые в данном исследовании. Второе аналитическое решение рассматривает цилиндрическое углубление в пористой среде. Такая конфигурация позволяет изучить подземные сооружения такие как: трубопроводы, тоннели и стволы скважин.

В результате аналитического и квази-аналитического решений были полученные зависимости (рис. 9, рис. 10, рис. 11) давления, температуры и перемещения жидкости в разное время. В любой фиксированный момент времени, перемещение стремится к нулю, в то время как температура и давление жидкости стремятся у начальным термо-гидростатическим значениям в дальней зоне. Это объясняется с предположением, что вдали от полости, термо-гидро-механические возмущения в связи с изменениями у стенки полости пренебрежимо малы.

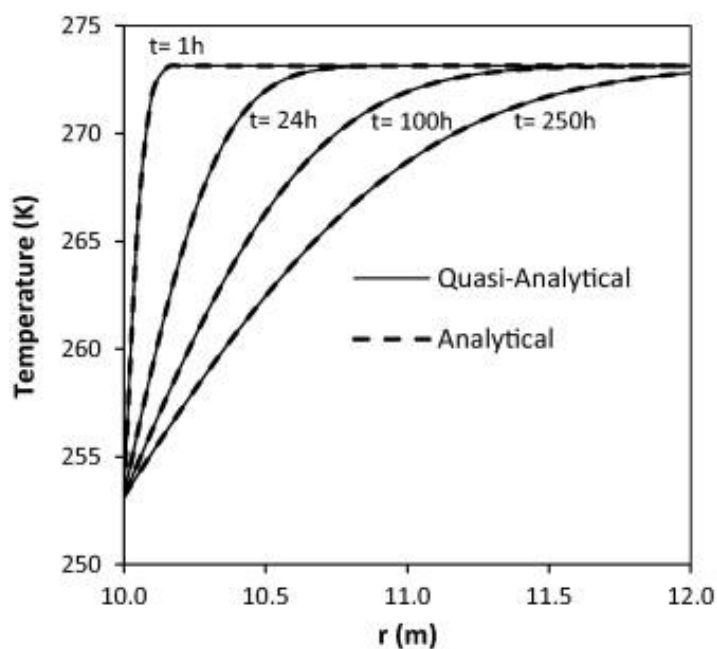


Рисунок 9 – Изменение температуры жидкости разное время

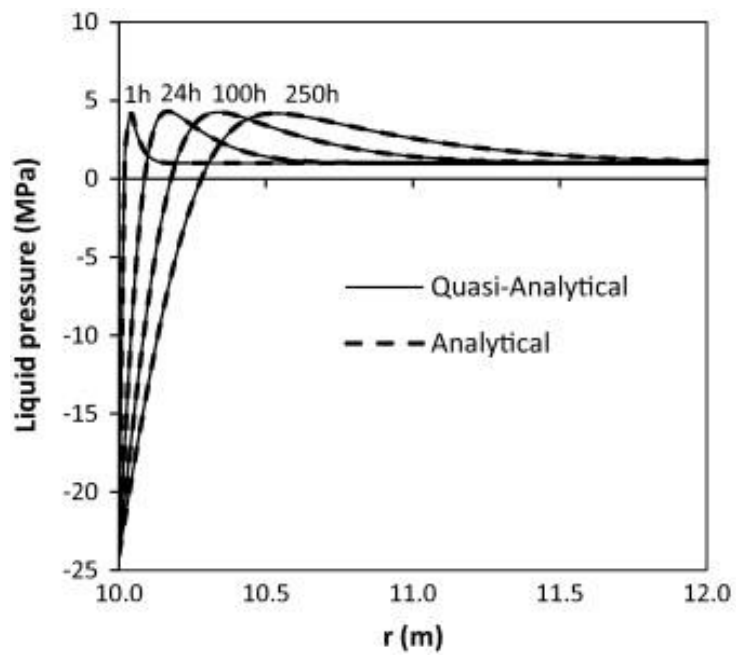


Рисунок 10 – Изменение давления жидкость в разное время

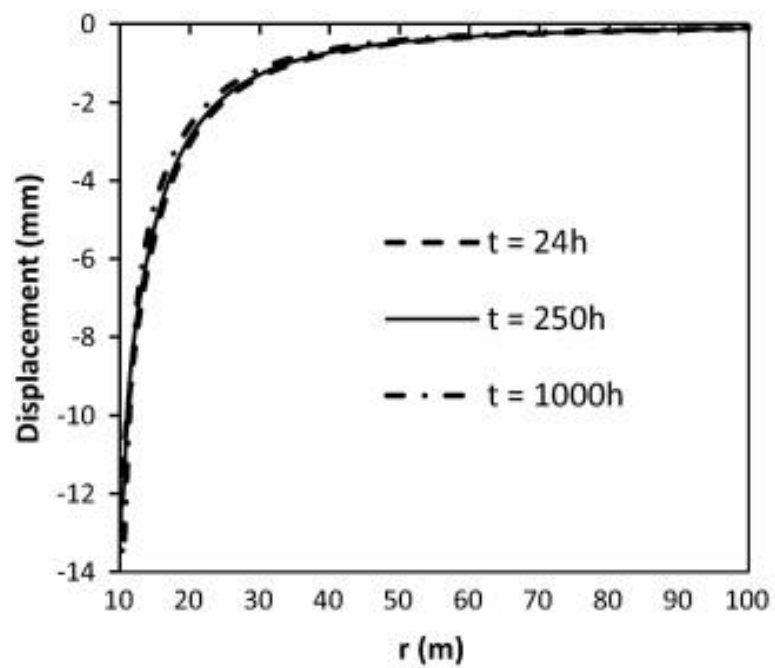


Рисунок 11 – Профиль перемещения жидкости при разном времени

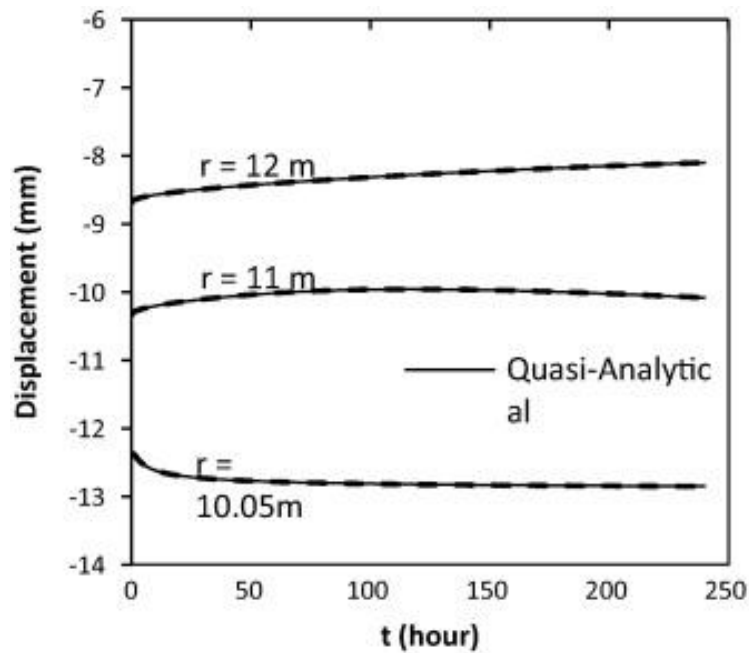


Рисунок 12 – Изменение перемещения по времени в разных положениях сферической симметрии

Рис. 11 и рис. 12 показывают, что перемещение существенно не изменяются со временем, как только температура на стене туннеля стабилизируется. Отрицательные значения соответствуют конвергентных движений по направлению к оси резонатора. Полученные результаты согласуются с экспериментальными результатами [25], где наблюдается глобальное сокращение сферических воздушных пустот в бетоне при замерзании.

2 Методика проведения исследования

Экспериментальные исследования процесса заморозки пористого, насыщенного жидкостью, материала при воздействии на него электроосмотической фильтрации проводятся с использованием установки, схема которой приведена на рис. 13.

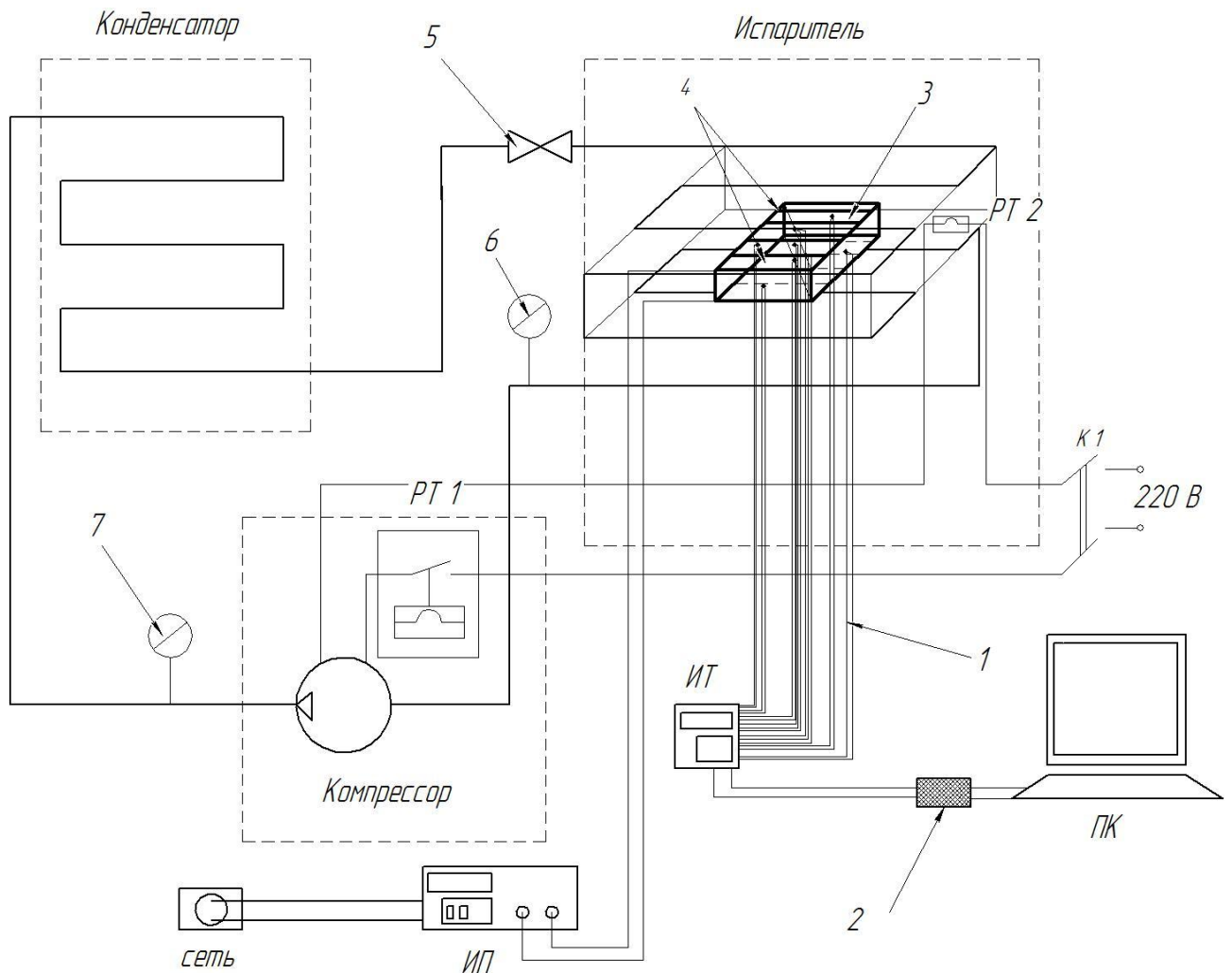


Рисунок 13 – Принципиальная схема экспериментальной установки:

1-термопары; 2-адаптер сети; 3-исследуемый материал; 4-электроосмотические коллекторы (ЭК); 5-дрессельное устройство; 6-манометр на обратном патрубке; 7-манометр на нагнетающем патрубке; PT 1-реле температуры 1; PT 2-реле температуры 2; ПК-персональный компьютер; ИП-источник питания коллекторов; ИТ-измеритель температуры.

В качестве исследуемого пористого материала используется пенополиуретан размерами $0,06 \times 0,095 \times 0,025$ м и пористостью 72 %. Материал подвергается заморозке при низких температурах в морозильной камере холодильной установки, размеры камеры составляют $0,43 \times 0,48 \times 0,20$ м. Образец располагается на подложке из пенополистирола размерами $0,157 \times 0,220 \times 0,037$ м. Подложка помещена в центр камеры, рис. 14. Заморозка исследуемого материала проводится как в ненасыщенном, так и насыщенном жидкостью состоянии. В качестве жидкости используется дистиллированная вода. Насыщение материала производится устройством, которое позволяет вводить жидкость в материал с точность до 1 мл. Процесс ввода жидкости осуществляется равномерно по всему объему.

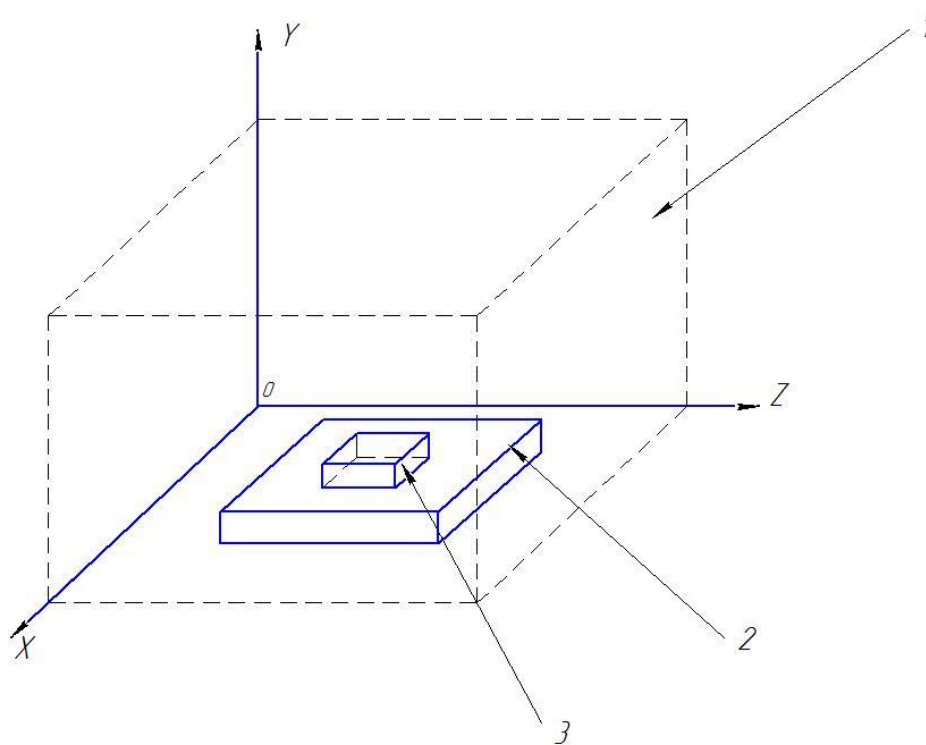


Рисунок 14 – Схема расположения исследуемого материала в холодильной камере:

1-холодильная камера; 2-подложка из пенополистирола; 3-исследуемый материал.

Измерение температур проводились как на поверхности, так и внутри материала, с использованием градуированных хромель-алюмелевых термопар с

диаметром спая 0,001 м. Схема расположения термопар и их координаты в метрах представлены соответственно на рис. 15 и табл. 1.

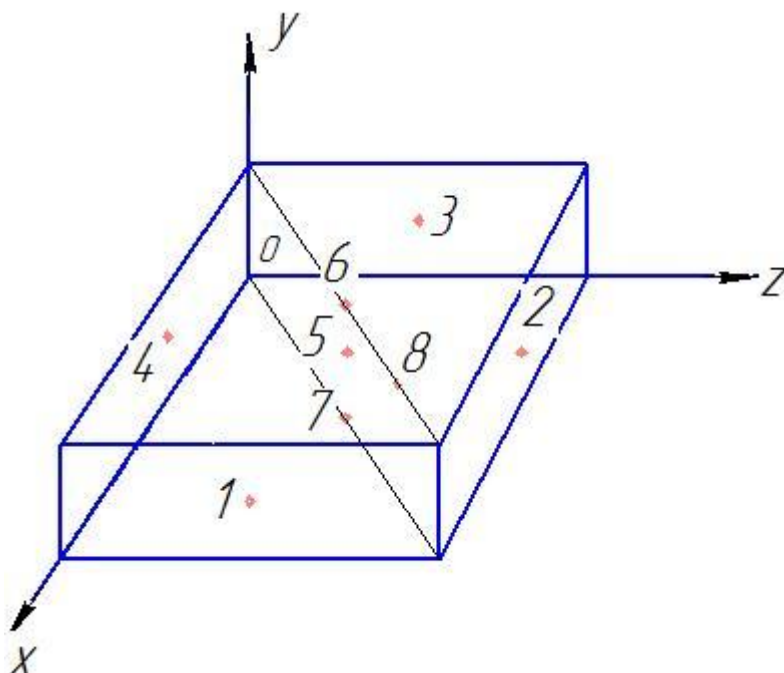


Рисунок 15 – Схема расположения термопар в исследуемом материале

Таблица 1 – Координаты расположения термопар на исследуемом материале в м

	1	2	3	4	5	6	7	8
X	0,095	0,0475	0	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,0238
Y	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,025	0	0,025
Z	0,03	0,06	0,03	0	0,03	0,03	0,03	0,045

Термопары соединены с измерителем температур типа УКТ-38-Щ4. Значения температур, считываемые измерителем через адаптер сети, сохраняются на ПЭВМ, с помощью программы разработанной в графической среде программирования фирмы National Instruments– Labview.

На верхней и нижней поверхностях материала устанавливаются коллекторы для создания электроосмотической фильтрации в исследуемом объеме. Электроосмотические коллекторы (ЭК) представляют собой рамки размерами 0,055x0,09 м из медной проволоки с поперечным сечением $8 \cdot 10^{-5}$ м

(рис. 16). Изменение напряжения на коллекторах приводит к изменению электроосмотических сил в объеме пористого материала.

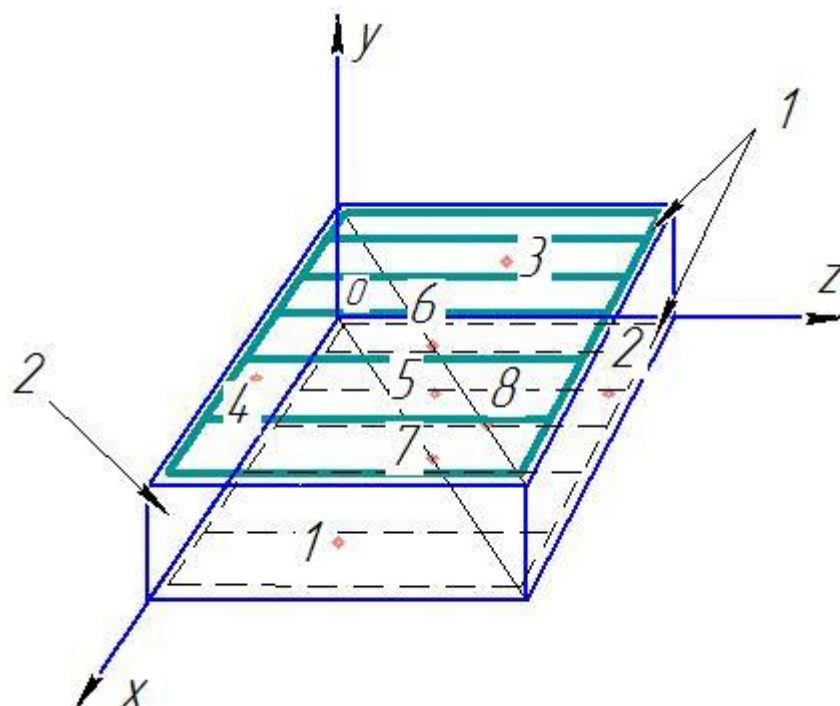


Рисунок 16 – Схема расположения ЭК на верхней и нижней поверхностях материала:

1-ЭК; 2-исследуемый материал.

Для изменения разности потенциалов используется источник постоянного тока Б5-44 с диапазоном изменения напряжения 0-30 В с шагом 0,01 В.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2Б	Емеленчук Владимир Александрович

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

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

1. <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>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Экспертная оценка сравнения ресурсоэффективности и оценки достоверности полученных результатов</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>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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	Емеленчук Владимир Александрович		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

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

4.1 SWOT-анализ

Тема данной работы – экспериментальное исследование процесса теплообмена в пористых, насыщенных жидкостью, замораживаемых веществах при электроосмотической фильтрации.

Внешняя среда:

- 1) спрос, характер спроса

Данное исследование возможно использовать как в холодильной технике при оценках качества и скорости замораживания продуктов, так и при оценке заморозки конденсата в теплоизоляционных материалах низкотемпературной техники в том числе и в установках хранения сжиженного природного газа (СПГ):

а) коммерческие организации, заинтересованные в минимизации своих расходов:

- предприятия, занимающиеся производством холодильных установок
- компании, в эксплуатации которых находятся резервуары для хранения СПГ

- компании, занимающиеся производством теплоизоляционных материалов различного назначения

- предприятия, в эксплуатации которых находятся оборудование работающее при низких температурах

б) государственные структуры:

- Газпром сжиженный газ
- Сахалин Энерджи производственный комплекс «Пригородное» – завод по производству СПГ

- Российское энергетическое агентство

2) конкуренты

На данный момент наличие конкурентов не выявлено.

3) Поставщики

Поставщиками оборудования для проведения экспериментального исследования являются компании: Овен, Samsung, Свияга, НП ООО «Энергоприбор».

4) аудитория влияния

Аудиторией влияния на экспериментальное оборудование является администрация Томского Политехнического Университета.

Внутренняя среда:

1) экспериментальное исследование

Результатами исследования являются: влияние электроосмотических сил на процесс кристаллизации жидкости в пористом материале, скорость кристаллизации, распределение температур внутри и на поверхности насыщенного жидкостью материала.

2) обеспеченность, потребность в основных средствах

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

3) оборотный капитал

Оборотный капитал отсутствует.

4.2 Экспертная оценка

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

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

- 1) медь-копелевые – ТМК – Тип М;
- 2) хромель-константовые – ТХКн – Тип Е;
- 3) хромель-копелевые – ТХК – Тип L;
- 4) хромель-алюмеливые – ТХА – Тип К.

Модель экспертной оценки строится по следующим параметрам:

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

Эксперты оценили характеристики устройств по десятибалльной шкале. Далее они оценили важность каждого критерия по 5 бальной шкале (b_j). Все данные представлены в таблицах 16 и 17.

Таблица 16 – Оценка конкурентоспособности первым экспертом

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

Таблица 17– Оценка конкурентоспособности вторым экспертом

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

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

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

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

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

Далее необходимо умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта по каждому поставщику. Итоговые экспертные оценки представлены в таблице 18.

Таблица 18– Итоговые экспертные оценки

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

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

4.3 Календарный план

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

Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 19. В таблице 20 представлен календарный план выполнения работ.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

Продолжение таблицы 19

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

4.4 Бюджет, смета проекта

Смета ВКР представлена в таблице 21

Таблица 21 – Смета проекта

Наименование	Единичные расчеты						Суммарные затраты			
	Материалы		Зарплата		Амортизация		Материалы	Зарплата + соц. Отчисления	Амортизация	Сумма
	Тариф	Кол-во	Тариф	Кол-во	Тариф	Часов				
Проведение эксперимента льного исследования	1342,7 7	1	8580	1	-	-	1342,7 7	8580	349,4	11614,9

В таблице 22 представлено подробное описание расходов на материалы.

Таблица 22 – Расходы на материалы

Расходы	Ед. измерения	Цена	Кол-во	Итого
Канцтовары	-	-	-	630
Заправка картриджа	шт	600	1	600
Губка (пористый материал)	шт.	42	1	42
Вода	мл	30	324	30
Электроэнергия	кВт·ч	4,25	9,594	40,77
				1 342,77

В таблице 23 представленные расходы на канцтовары.

Таблица 23 – Канцтовары

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

В таблице 24 представленные расходы на электроэнергию.

Таблица 24 – Потребления электроэнергии

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

Зарплата и отчисление на соц. нужды:

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

В таблице 25 представленные расходы на амортизацию.

Таблица 25 – Амортизация:

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

4.5 Оценка ресурсоэффективности

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (6)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Рассчитаем интегральный финансовый показатель для двух исполнений. Под исполнением понимается стоимость выполнения работы на разном по стоимости оборудовании. В первом варианте стоимость исполнения берем из расчетов, таблица 21, а во втором варианте принимаем стоимость исполнения равной 15000. Максимальное значение стоимости исполнения научно-исследовательского проекта – 20000.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{11614,9}{20000} = 0,5807$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{15000}{20000} = 0,75$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (7)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 26.

Таблица 26-Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

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

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

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финп.1}} = \frac{3,065}{0,5807} = 7,43,$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финп.2}} = \frac{4,95}{0,75} = 6,6.$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{7,43}{6,6} = 1,13.$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,5807	0,75
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,065	4,95
3	Интегральный показатель эффективности	7,43	6,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,13	

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

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

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

Проведена оценка объема необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека: руководитель и студент. Все мероприятия займут 46 дней и будут проводиться с 1 мая до 15 июня при запланированной производительности.

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