

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Получение и исследование структуры и свойств химически стойких полимерных мембран на основе политетрафторэтилена сформированных методом электроспиннинга
УДК 66.081.6:678.743.41

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ01	Мельник Евгений Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Буякова С.П.	д.т.н		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Большасов Е.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О. А.	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Буякова С.П.	д.т.н		

Результаты обучения

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и

	композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.
ПК(У)-2	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения
ПК(У)-3	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
ПК(У)-4	Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
ПК(У)-5	Способен выполнять перевод технической литературы на иностранном языке, связанной с профессиональной деятельностью в области материаловедения
ПК(У)-6	Способен решать задачи, относящиеся к производству, обработке и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий
ПК(У)-7	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики
ПК(У)-8	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Буякова С.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ01	Мельник Евгению Юрьевичу

Тема работы:

Получение и исследование структуры и свойств химически стойких полимерных мембран на основе политетрафторэтилена сформированных методом электроспиннинга	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.2022, №33-30/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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>	Объектом исследования магистерской диссертации является пористая мембрана на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) сформированная методом электроспиннинга.
--	---

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>	Изучить техническую литературу по теме исследования. Разработать технологию получения композитной ПВС/ПТФЭ мембраны методом электроспиннинга. Получить пористую ПТФЭ мембрану. Исследовать влияние агрессивных сред на структуру и физико-механические свойства пористых ПТФЭ мембран.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Консультант Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О. А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Объект и методы исследования	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник	Большасов Е.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ01	Мельник Евгений Юрьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает в себя 121 страницу, 43 таблицы, 23 рисунка, 1 приложение, 69 литературных источников.

Ключевые слова работы: политетрафторэтилен, полимерная мембрана, электроспиннинг, нановолокно.

Объектом исследования магистерской диссертации является пористая мембрана на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) сформированная методом электроспиннинга.

Целями работы являются изучения влияния содержания суспензии ПТФЭ в прядильном растворе для электроспиннинга, режима термической обработки и влияния агрессивных сред при высоких температурах на прочность и относительное удлинение ПТФЭ мембран.

В процессе работы проводилась подготовка прядильных ПВС/ПТФЭ растворов, получение композитных ПВС/ПТФЭ мембран методом электроспиннинга, получение пористых ПТФЭ мембран при помощи термической обработки, фторирование ПТФЭ мембран, выдержка в различных типах агрессивных сред, исследование морфологии ПТФЭ мембран, проведение испытаний на растяжение ПТФЭ мембран.

В результате исследования было определено, что ПТФЭ мембраны, прошедшие такой вид термической обработки, как закалка, обладают низкой степенью кристалличности и, как вследствие, высокими физико-механическими свойствами, по сравнению с мембранами, прошедшими кристаллизацию. При обработке сильными растворителями образцы мембран обладают отличными физико-механическими свойствами, что доказывает отличную химическую стойкость ПТФЭ мембран к различным типам агрессивных сред.

Полученные политетрафторэтилен мембраны найдут свое применение в химической и нефтехимической промышленности, в области водородной энергетики, реконструктивно-восстановительной хирургии, авиационной и космической отраслях.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ПТФЭ (PTFE) – политетрафторэтилен;

еПТФЭ (ePTFE) – термоэкспандированный политетрафторэтилен;

ПВС (PVA) – поливиниловый спирт;

ПЭО (PEO) – полиэтиленоксид;

ПФД (PFD) – перфтордекалин.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
1 Обзор литературы	15
2 Объект и методы исследования	21
2.1 Процесс электроспиннинга	21
2.2 Приготовление прядильных ПВС/ПТФЭ растворов	23
2.3 Измерение вязкости прядильных ПВС/ПТФЭ растворов	24
2.4 Измерение электропроводности прядильных ПВС/ПТФЭ растворов ...	25
2.5 Подготовка и электроспиннинг прядильных ПВС/ПТФЭ растворов	26
2.6 Термическая обработка композитной ПВС/ПТФЭ мембраны и относительная усадка пористой ПТФЭ мембраны.....	27
2.7 Фторирование пористых ПТФЭ мембран	29
2.8 Выдержка пористых ПТФЭ мембран в различных агрессивных средах	29
2.9 Сканирующая электронная микроскопия ПТФЭ мембран.....	30
2.10 Механические свойства ПТФЭ мембран.....	31
3 Расчеты и аналитика	33
3.1. Вязкость и электропроводность прядильных ПВС/ПТФЭ растворов в зависимости от содержания суспензии ПТФЭ	33
3.2. СЭМ изображения композитных ПВС/ПТФЭ мембран до термической обработки	34
3.3. Усадка мембран в процессе термической обработки в зависимости от содержания суспензии ПТФЭ и параметров термической обработки	36
3.4. Фторирование закаленных и кристаллизованных ПТФЭ мембран и определение ПТФЭ мембран с лучшими физико-механическими свойствами	39
3.5. Влияние режима термической обработки на прочность и относительное удлинение мембран.....	41
3.6. СЭМ изображения пористых ПТФЭ мембран выдержанных в различных типах агрессивных сред.....	43
3.7. Предел прочности и относительное удлинение ПТФЭ мембран, выдержанных в различных типах агрессивных сред	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	56

ВВЕДЕНИЕ	56
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	57
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	57
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	58
4.1.3 SWOT-анализ	60
4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	64
4.3 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	66
4.4 Инициация проекта	66
4.4.1 Цели и результат проекта.....	66
4.4.2 Организационная структура проекта.....	67
4.4.3 Ограничения и допущения проекта	68
4.5 Планирование управления научно-техническим проектом	68
4.5.1 План проекта	68
4.5.2 Бюджет научного исследования.....	72
4.5.3 Организационная структура проекта.....	79
4.5.4 План управления коммуникациями проекта.....	79
4.5.5 Реестр рисков проекта	80
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	81
4.6.1 Интегральный показатель финансовой эффективности	81
4.6.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности	82
4.6.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки.....	82
Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	84
5 Социальная ответственность.....	87
ВВЕДЕНИЕ.....	87
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	87
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	87

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	88
5.3 Производственная безопасность	89
5.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	89
5.3.2 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	91
5.3.3 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды	91
5.3.4 Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека.....	92
5.3.5 Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде (повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума).....	95
5.3.6 Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (активное наблюдение за ходом производственного процесса, монотонность труда, перенапряжение анализаторов)	97
5.3.7 Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения	98
5.4 Экологическая безопасность.....	100
5.4.1 Воздействие на селитебную зону.....	100
5.4.2 Воздействие на атмосферу	100
5.4.3 Воздействие на гидросферу	101
5.4.4 Воздействие на литосферу	101
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
5.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	101
5.5.2 Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	102
5.5.3 Анализ наиболее типичных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	102
Заключение по разделу «Социальная ответственность»	104

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	106
Приложение I.....	112

ВВЕДЕНИЕ

Полимерные пористые мембраны на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) представляют собой важный класс наноразмерных волокнистых мембран, которые привлекают все большее внимание в последнее десятилетие. Политетрафторэтилен (ПТФЭ) имеет много уникальных характеристик и свойств, которые включают термическую и химическую стойкость, высокую гидрофобность, высокую ударную вязкость, морозостойкость, низкое поверхностное трение, диэлектрические свойства и высокую биосовместимость.

В настоящее время основными методами изготовления пористых материалов на основе ПТФЭ являются двухосное растяжение (термоэкспандирование), лазерная абляция и использование порообразующих реагентов [1-5].

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в области производства мембран из ПТФЭ, используемые в настоящее время методы имеют недостатки. В частности, недостатками двухосного растяжения являются широкое распределение пор по размерам и низкая пористость при небольшой толщине мембраны. К недостаткам метода лазерной абляции можно отнести низкий выход продукта (до 40 %) и разложение исходного полимера под действием лазерного излучения высокой плотности. Применение порообразующих средств подходит только для фармацевтических целей, так как трудно изготовить даже мембраны средней толщины ~250-300 мкм.

Мембраны, полученные методом термоэкспандирования (еПТФЭ) широко используются в химической, нефтехимической, текстильной промышленности, водородной и ядерной энергетике, реконструктивно-восстановительной хирургии и т.д. Метод термоэкспандирования до недавнего времени оставался одним из наиболее эффективных способов получения еПТФЭ мембран. Таким образом, поиск технологически продвинутых методов получения тонких пористых ПТФЭ мембран, позволяющих регулировать пористую структуру мембраны, является

актуальной научно-технической проблемой. В настоящее время возрос интерес к другому методу производства волоконных мембран, а именно к электроспиннингу, с помощью которого можно стабильно производить волокна субмикронного диаметра.

Электроспиннинг представляет собой процесс производства непрерывных полимерных волокон с диаметром в субмикронном диапазоне под действием внешнего электрического поля, приложенного на прядильный раствор полимера [6]. Благодаря изменению таких технологических параметров процесса электроспиннинга как: скорость подачи прядильного раствора, напряженность электрического поля, диаметр инжектора, скорость вращения коллектора, температура прядильного раствора, относительная влажность и температура в рабочей камере, вязкость прядильного раствора и т.д., имеется возможность получать мембраны неограниченного размера, в широких пределах регулировать размер волокон, конфигурацию порового пространства мембраны, величину и количество дефектов.

Целями настоящей выпускной работы являются:

1) исследование влияния соотношений компонентов прядильных ПВС/ПТФЭ растворов на структуру, прочность и относительное удлинение пористых ПТФЭ мембран, в зависимости от содержания суспензии ПТФЭ в прядильных растворах;

2) изучение и оптимизация влияния режимов термической обработки на прочность и относительное удлинение пористых ПТФЭ мембран, в зависимости от содержания суспензии ПТФЭ в прядильных растворах и режима термической обработки;

3) изучение влияния воздействия агрессивных сред на структуру, прочность и относительное удлинение пористых ПТФЭ мембран, в зависимости от содержания суспензии ПТФЭ в прядильных растворах и типа агрессивной среды.

1 Обзор литературы

Электроспиннинг является методом, с помощью которого можно изготавливать полупроницаемые полимерные мембраны с использованием широкого спектра полимеров [7, 8]. Такие мембраны обладают высокой пористостью и взаимосвязанными порами. Достижимый размер пор, который можно контролировать диаметром волокна, обычно находится в диапазоне субмикрометров. Процесс электроспиннинга представляет собой формирование ультратонких волокон в электрическом поле высокой напряженности. Установка электроспиннинга содержит три основных элемента: высоковольтный источник питания, сборочный электрод для сбора волокон и формирования полимерной мембраны и металлический инжектор, необходимый для впрыскивания раствора или расплава полимера в электрическое поле, рисунок 1.1. При достаточно высоком поле электрическая сила преодолевает поверхностное натяжение раствора полимера, деформируя каплю на кончике инжектора в конус Тейлора, что приводит к выбросу тонкой струи из инжектора. Заряженная струя сначала подвергается стабильному растяжению, затем она начинает изгибаться и взбиваться случайным образом, что приводит к дальнейшему растяжению из-за комбинированных эффектов испарения растворителя и отталкивания заряда. Это нестабильное растяжение может привести к очень большому соотношению вращения и вытягивания, когда конечная скорость струи может достигать доли скорости звука. В результате затвердевшие волокна на коллекторе могут находиться в субмикронном диаметре и имеют хаотично ориентированную нетканую структуру [7].

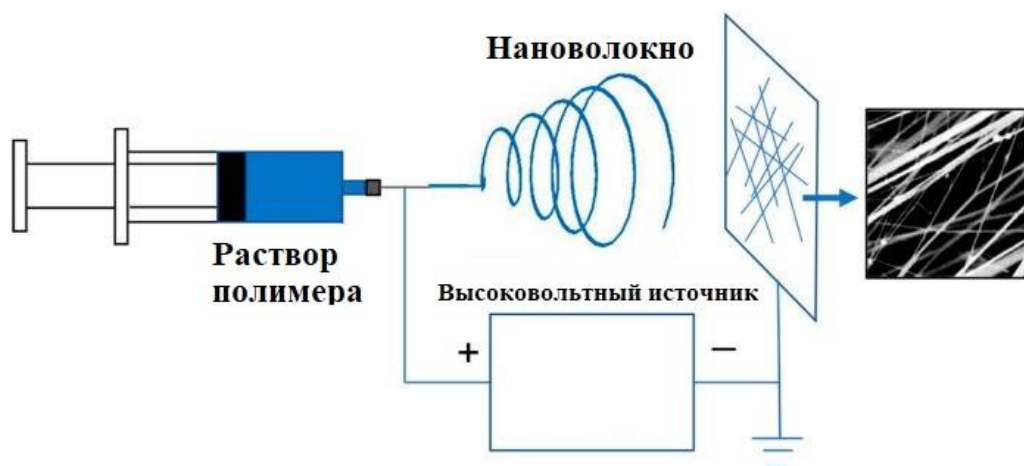


Рисунок 1.1 – Схематическая иллюстрация процесса электроспиннинга [9]

Диаметр, форма и морфология поверхности волокон и текстура мембраны, получаемой электроспиннингом, зависят от ряда параметров [10-12]. Эти параметры включают, во-первых, внутренние свойства прядильного раствора полимера, такие как молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимера, конформация полимерных цепей, вязкость, поверхностное натяжение, электропроводность, давление паров растворителя и значение pH. Во-вторых, условия формирования, такие как напряженность электрического поля, геометрия электрода и расстояние разделительного зазора, расстояние между инжектором и коллектором, скорость вращения коллектора, скорость подачи прядильного раствора полимера. В-третьих, окружающие условия, такие как влажность и температура в рабочей камере. Каспер и др. исследовали влияние влажности на полученные сформированные нановолокна. Определено, что пористые электропрядные волокна можно было получить, когда электроспиннинг проводили при повышенной влажности в рабочей камере [12]. Томпсон и др. показали, что влияние влажности на структуру волокна тесно связана с другими параметрами обработки [10]. Различная морфология полученного волокна (например, поверхностные и внутренние структуры, включая бисерные, пористые, разветвленные,

трубчатые, и т.д.) может быть получена при различных условиях процесса электроспиннинга [13, 14].

Уникальные характеристики ПТФЭ обусловлены высокой энергией связывания C-F и малым радиусом атома фтора, что приводит к плотному экранированию углеродного скелета макромолекулы, рисунок 1.2 [15].

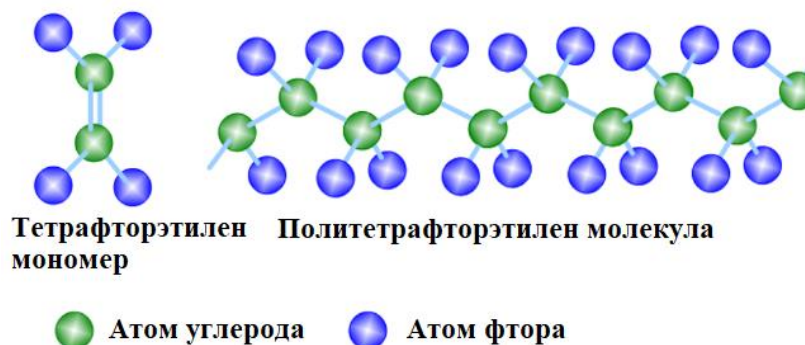


Рисунок 1.2 – Молекулярная структура политетрафторэтилена

ПТФЭ (Ф-4Д) является представителем одного из лучших диэлектриков на сегодняшний день. Такие свойства как диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь (остается постоянной при температурах от -269 до $+260$ °C), обусловленные неполярностью полимера, способны оставаться неизменными в широком интервале частот, таблица 1.1. Благодаря превосходной стойкости к растворителям и высокой вязкости расплава, электроспиннинг чистого ПТФЭ является невозможным [16].

Для преодоления этих ограничений была разработана технология получения пористых ПТФЭ мембран состоящая из двух основных этапов. На первом этапе формируют композитную мембрану из полимера с хорошими волокнообразующими свойствами (наиболее популярен поливиниловый спирт (ПВС) или высокомолекулярный полиэтиленоксид (ПЭО) и частиц ПТФЭ (наиболее популярны водные суспензии ПТФЭ). На втором этапе композитная мембрана подвергается термической обработки при температуре более 330 °C. В результате термической обработки происходит удаление

ПВС/ПЭО из композитной мембраны, спекание частиц ПТФЭ между собой с образованием ПТФЭ волокон.

Таблица 1.1 – Свойства политетрафторэтилена

Наименование показателя		Политетрафторэтилен (ПТФЭ)
Плотность, кг/м ³		2120-2200
Температура плавления кристаллитов, °С		327
Рабочая температура, °С	Минимальная	-269
	Максимальная	260
Температура разложения, °С		Более 415
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м		10 ¹⁵ -10 ¹⁸
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом		Более 10 ¹⁷
Теплопроводность, Вт/(м·°С)		0,252
Диэлектрическая проницаемость	При 1кГц	1,9-2,2
	При 1 МГц	1,9-2,2
Тангенс угла диэлектрических потерь	При 1кГц	Ниже 0,0001
	При 1 МГц	Ниже 0,0001
Относительное удлинение при разрыве, %		250-500
Модуль упругости, МПа	При растяжении	410
	При сжатии	686,5

Huang Y. и др. изготавливали супергидрофобную нановолокнистую мембрану ПТФЭ для использования в вакуумной мембранной дистилляции для разделения масла и воды, а также при опреснении воды с использованием щелочного раствора. Определено, что волокнистые мембраны, изготовленные из массового соотношения ПВС/ПТФЭ 1:6 и спеченные при температуре 380 °С, демонстрируют отличную супергидрофобность, также мембрана хорошо зарекомендовала себя при опреснении воды. В вакуумной мембранной дистилляции поток пермеата стабилизировался на уровне 14,53 л/м²·ч, а удаление солей поддерживалось выше 99,8 % после работы в течение 35 часов. Длительная работа свидетельствует о том, что ультрадисперсные волокнистые пористые мембраны обладают отличной стабильностью в экспериментах по опреснению воды в суровых условиях [18].

Благодаря своим выдающимся свойствам и характеристикам, изучается возможность применения пористых ПТФЭ мембран для вакуумной мембранной дистилляции [19-26], сепараторов для литий-ионных батарей [27], мембранного эмульгирования [28], высокотемпературных фильтров [29-32], защитного текстиля [33], доставки лекарств или фармацевтических препаратов [34], сосудистые протезы малого диаметра [35,36], стент-трансплантаты, покрытые ПТФЭ для портальной гипертензии [37].

Известно, что ПТФЭ является полукристаллическим полимером, поэтому механические свойства изделий из ПТФЭ определяются степенью его кристалличности. Известно, что наибольшая скорость кристаллизации ПТФЭ наблюдается при температуре 300 °С [15]. Таким образом, скорость охлаждения сформированной ПТФЭ мембраны в процессе термической обработки во многом определяет механические свойства ПТФЭ мембран. В настоящее время в литературе не описаны результаты систематических исследований влияния скорости охлаждения на прочность и относительное удлинение ПТФЭ мембран, сформированных методом электроспиннинга в зависимости от соотношения ПВС/ПТФЭ (ПЭО/ПТФЭ) в композитной мембране. Имеются ограниченные сведения о влиянии агрессивных сред (NaOH (6 моль/л) и H₂SO₄ (7.14 моль/л)) температура 100 °С время воздействия 24 часа) на механические свойства ПТФЭ мембран, полученных в результате термической обработки ПЭО/ПТФЭ мембран, имеющих фиксированное значение отношения компонентов ПЭО/ПТФЭ [17]. Отсутствие результатов систематических исследований влияния скорости охлаждения и воздействия агрессивных сред при повышенных температурах на прочность и относительное удлинение ПТФЭ мембран, сформированных из композитных мембран, при различных соотношениях компонентов является факторами ограничивающим сферы потенциального использования ПТФЭ мембран.

Поэтому целью настоящей работы стало изучение влияния скорости охлаждения и воздействия агрессивных сред при повышенных температурах

на прочность и относительное удлинение пористых ПТФЭ мембран, полученных в результате термической обработки композитных ПВС/ПТФЭ мембран в зависимости от соотношения ПВС/ПТФЭ.

2 Объект и методы исследования

2.1 Процесс электроспиннинга

Установка получения композитной ПВС/ПТФЭ мембраны NANON – 01A (МЕСС СО, Япония), представлена на рисунке 2.1.1. Установка состоит из следующих основных частей: вращающийся сборочный коллектор, шприц с прядильным ПВС/ПТФЭ раствором и перемещающийся по горизонтали инжектор, рисунок 2.1.2.



Рисунок 2.1.1 – Установка для электроспиннинга NANON – 01A (МЕСС СО, Япония)

В процессе получения композитной ПВС/ПТФЭ мембраны сильное электрическое поле прикладывалось между полимерным раствором, содержащимся в инжекторе, и проводящим вращающимся сборочным коллектором через высоковольтный кабель, который подключен к источнику высоковольтного питания. При достижении критического значения напряжения, электростатические силы преодолевают поверхностное натяжение прядильного раствора. После чего, заряженные капли прядильного раствора распыляются из наконечника инжектора на вращающийся

сборочный коллектор с образованием композитной волокнистой ПВС/ПТФЭ мембраны.



1 – неподвижная подложка или вращающийся сборочный коллектор, 2 – шприц с прядильным ПВС/ПТФЭ раствором, 3 – перемещающийся по горизонтали инжектор

Рисунок 2.1.2 – Основные рабочие узлы

В процессе электроспиннинга такие параметры как, концентрация прядильных растворов, скорость потока прядильного раствора, температура в рабочей камере, влажность в рабочей камере, вязкость прядильного раствора, поверхностное натяжение прядильного раствора, приложенное напряжение и расстояние от инжектора до коллектора, влияют на диаметр и морфологию волокон в композитной ПВС/ПТФЭ мембране [38].

2.2 Приготовление прядильных ПВС/ПТФЭ растворов

Для изготовления композитных ПВС/ПТФЭ мембран использовали прядильные растворы, полученные смешиванием 10 % водного раствора поливинилового спирта (ПВС) марки 16/1 (ГОСТ 10779-78, АО «Вектон») с водной суспензией политетрафторэтилена (ПТФЭ, Ф-4Д ТУ 6-05-1246-81, АО «Галополимер Пермь»). Изготавливалось 5 типов растворов по 100 г каждого, в которых соотношение раствора ПВС и водной суспензии ПТФЭ находится в следующих пропорциях:

- 1) ПВС/ПТФЭ (60/40 масс. %);
- 2) ПВС/ПТФЭ (50/50 масс. %);
- 3) ПВС/ПТФЭ (40/60 масс. %);
- 4) ПВС/ПТФЭ (30/70 масс. %);
- 5) ПВС/ПТФЭ (20/80 масс. %).



Рисунок 2.2.1 – Ультразвуковая ванна «Сапфир» (Россия)

Полученные прядильные ПВС/ПТФЭ растворы были помещены в ультразвуковую ванну «Сапфир» (Россия), рисунок 2.2.1, на время от 4 до 6 часов, при температуре до 60 °С, для полного и гармоничного перемешивания.

2.3 Измерение вязкости прядильных ПВС/ПТФЭ растворов

Измерение вязкости прядильных растворов проводилось методом камертонной вибрации ПВС/ПТФЭ с помощью вискозиметра A&B SV-10 (Япония), рисунок 2.3.1, который предназначен для измерения динамической вязкости различных жидких сред в реальном масштабе времени.



Рисунок 2.3.1 – Лабораторный вискозиметр A&B SV-10 (Япония)

Измерения вязкости прядильных ПВС/ПТФЭ растворов проводили при температуре 25 °С. Проведено по 5 измерений вязкости каждого прядильного ПВС/ПТФЭ раствора. Обработка статистических данных проводилась в программе OriginPro 9.0 (OriginLab, США).

2.4 Измерение электропроводности прядильных ПВС/ПТФЭ растворов

Измерение электропроводности прядильных ПВС/ПТФЭ растворов проводилось с помощью лабораторного кондуктометра inoLab Cond 7310 (Германия), рисунок 2.4.1.



Рисунок 2.4.1 – Лабораторный кондуктометр inoLab Cond 7310 (Германия)

Измерения электропроводности прядильных ПВС/ПТФЭ растворов проводили при температуре 25 °С. Проведено по 5 измерений электропроводности каждого прядильного ПВС/ПТФЭ раствора. Обработка статистических данных проводилась в программе OriginPro 9.0 (OriginLab, США).

2.5 Подготовка и электроспиннинг прядильных ПВС/ПТФЭ растворов

Прядильные ПВС/ПТФЭ растворы при комнатной температуре переносили в шприц, после чего при помощи дозирующего устройства прядильный раствор попадал в инжектор. В виде положки использовался вращающийся сборочный коллектор с шириной 207 мм и длиной 327 мм. Параметры формирования ПВС/ПТФЭ мембран на установки для электроспиннинга NANON – 01A (МЕСС СО, Япония):

- 1) напряжение высоковольтного источника – 27 кВ;
- 2) скорость подачи прядильного ПВС/ПТФЭ раствора – 1,2 мл/ч;
- 3) объем прядильного ПВС/ПТФЭ раствора – 10 мл;
- 4) диаметр шприца – 16 мл;
- 5) скорость вращения сборочного коллектора – 200 об/мин;
- 6) ширина сборочного коллектора – 200 мм;
- 7) скорость перемещения инжектора – 10 мм/с;
- 8) интервал очистки инжектора – 40 сек;
- 9) расстояние от инжектора до сборочного коллектора – 90 см;
- 10) диаметр инжектора – 0,7 мм (22G).

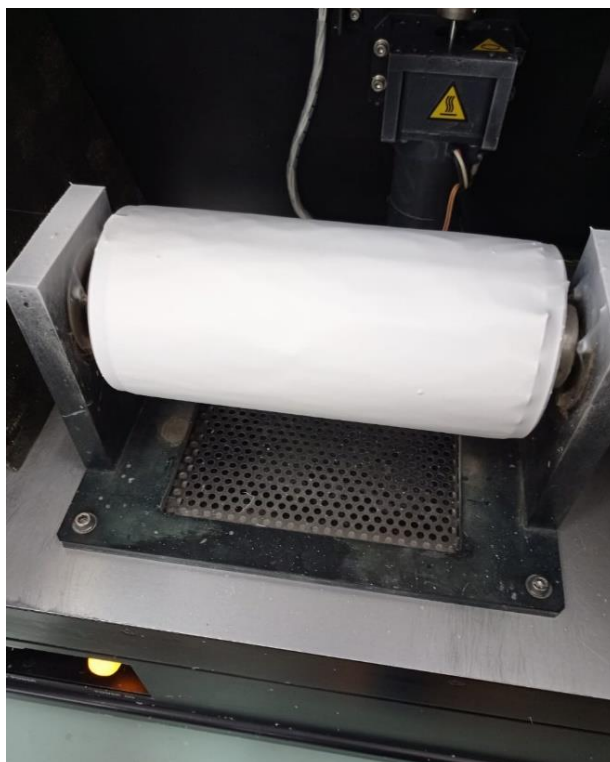


Рисунок 2.5.1 – Полученная методом электроспиннинга композитная
ПВС/ПТФЭ мембрана

На производство одной ПВС/ПТФЭ мембраны из одного прядильного ПВС/ПТФЭ раствора требуется порядка 7 часов 40 минут и 10 мл прядильного раствора, рисунок 2.5.1.

2.6 Термическая обработка композитной ПВС/ПТФЭ мембраны и относительная усадка пористой ПТФЭ мембраны

Подготовку ПВС/ПТФЭ мембран для термической обработки осуществляли следующим способом. С помощью бумажного трафарета вырезали образец мембраны размером 80x80 мм (площадь одного образца мембраны до спекания составляет 6400 мм²). Далее все образцы композитных ПВС/ПТФЭ мембран укладывали на керамическую подложку, подписывали и располагали в муфельной печи (ИТМ 50.1100, Россия), рисунок 2.6.2.

Получение пористых ПТФЭ мембран осуществлялось путем термической обработки композитных ПВС/ПТФЭ мембран в муфельной печи. Для изучения влияния термической обработки на прочность и относительное

удлинение ПТФЭ мембран было использовано два различных варианта термической обработки.

В первом варианте – (закалка) мембраны нагревали в муфельной печи в течение двух часов до температуры 330 °С, выдерживали при температуре 330 °С в течение 10 минут, после чего мембраны вынимали из муфельной печи и охлаждали на открытом воздухе до комнатной температуры.



Рисунок 2.6.2 – Муфельная электропечь (ИТМ 50.1100, Россия) с образцами композитных ПВС/ПТФЭ мембран

Во втором варианте – (кристаллизация) мембраны нагревали до 330 °С, выдерживали в течение 10 минут, а затем охлаждали вместе с муфельной печью до комнатной температуры в течение 12 часов.

Расчет усадки мембран после термической обработки проводился по следующей формуле (2.1):

$$S_n = \frac{S_1}{S_2} \cdot 100 \% \quad (2.1)$$

где S_1 – площадь ПТФЭ мембраны до термической обработки;

S_2 – площадь ПТФЭ мембраны после термической обработки.

2.7 Фторирование пористых ПТФЭ мембран

Для исключения влияния продуктов деградации ПВС на результаты исследований вне зависимости от соотношения ПВС/ПТФЭ в композитной мембране и вне зависимости от варианта термической обработки все сформированные ПТФЭ мембраны помещались в перфтордекалин (ПФД) и обрабатывались газообразной смесью азота и фтора (концентрация фтора 10 об. %) в течение 4 часов при комнатной температуре. После обработки мембраны извлекали из перфтордекалина и помещали в вакуумный шкаф (VTSH-K24-250, Актан Вакуум, Фрязино, Россия), где выдерживали при температуре 50 °С и остаточном давлении 10-15 кПа в течение 12 часов для удаления остатков перфтордекалина.

2.8 Выдержка пористых ПТФЭ мембран в различных агрессивных средах

Далее готовые пористые ПТФЭ мембраны подвергались выдержки в различных агрессивных средах в течение 48 часов при 100 °С, а именно в HNO_3 с концентрацией 65% (10,31 моль/л), ДМСО, моторном масле 10w40, КОН с концентрацией 65% (11,61 моль/л), H_2O , рисунок 2.8.1.



Рисунок 2.8.1 – Выдержка пористых ПТФЭ мембран в различных типах агрессивных сред: HNO_3 , ДМСО, моторное масло 10w40, КОН, H_2O

2.9 Сканирующая электронная микроскопия ПТФЭ мембран

Перед использованием образцов ПТФЭ мембран в сканирующем электронном микроскопе, был напылен тонкий слой металлической (золотой) пленки, в течение 2 минут, с помощью напылительной установки магнетронного типа Smart Coaster (Япония), рисунок 2.9.1. Нанесенное на поверхность образца ПТФЭ мембран тонкое металлическое покрытие позволяет работать с исходно непроводящими образцами в режиме высокого вакуума и получать высококонтрастные изображения с высоким разрешением.



Рисунок 2.9.1 – Напылительная установка магнетронного типа Smart Coaster (Япония)

Сканирующую электронную микроскопию (СЭМ) проводили для изучения морфологии полученных пористых ПТФЭ мембран до и после проведения экспериментов на химическую стойкость ПТФЭ мембран, рисунок 2.9.2.



Рисунок 2.9.2 – Сканирующий электронный микроскоп JEOL (JCM-6000Plus, Япония)

Измерение диаметра волокон ПТФЭ мембран проводилось в программе ImageJ. Обработка статистических данных проводилась в программе OriginPro 9.0 (OriginLab, США).

2.10 Механические свойства ПТФЭ мембран

Оценку влияния воздействия агрессивных сред на ПТФЭ мембраны осуществляли, исследуя прочность и относительное удлинение мембран при одноосном растяжении до и после воздействия агрессивной среды. Исследования проводили с помощью испытательной машины Instron 3369 (Instron, США) с датчиком нагрузки 50 Н (модель 2519-102, Instron, США), при скорости растяжения образца 10 мм/мин.

Образцы для исследований были получены при помощи вырубного прессы ZCP-020 (ZwickRoell, Германия) и соответствовали требованиям ISO 37: 2017 “Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties” [39].

В ходе испытания использовалось по 6 образцов для каждой группы мембран, всего 180 образцов, рисунок 2.10.1, таблица 2.10.1.

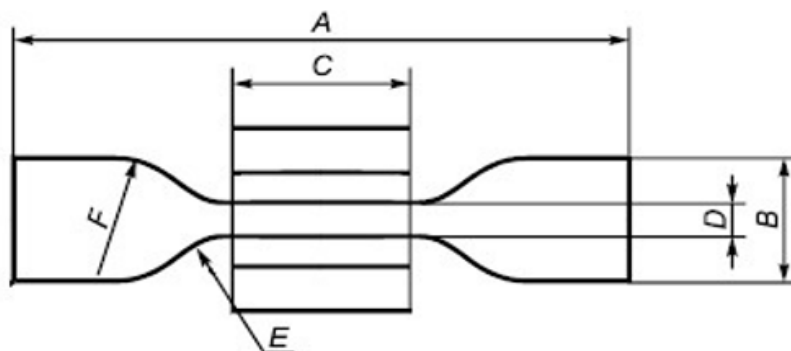


Рисунок 2.10.1 – Образец ПТФЭ мембраны в форме двусторонней лопатки

Таблица 2.10.1 – Геометрические параметры образца ПТФЭ мембраны в форме двусторонней лопатки

Обозначение	Размер
A – общая длина, мм, не менее	35,0
B – ширина концов, мм	$6,0 \pm 0,5$
C – длина узкой части, мм	$12,0 \pm 0,5$
D – ширина узкой части, мм	$2,0 \pm 0,1$
E – радиус перехода наружный, мм	$3,0 \pm 0,1$
F – радиус перехода внутренний, мм	$3,0 \pm 0,1$

Обработку статистических данных проводили, используя критерий Краскела-Уоллиса с использованием программы GraphPad Prism 8.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ01	Мельник Евгений Юрьевич

Школа		Отделение школы (НОЦ)	Отделение материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами; Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование;
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Сравнительный анализ с другими исследованиями в этой области;
2. Разработка устава научно-технического проекта	SWOT-анализ;
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Расчет времени на проект; Создание расписания на проект; Расчет научного и технического исследовательского бюджета;
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Интегральный финансовый показатель; Интегральный показатель ресурсоэффективности; Интегральный показатель эффективности;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений;
2. Матрица SWOT;
3. График проведения и бюджет НТИ;
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ;
5. Потенциальные риски;
6. Основные показатели эффективности НИ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ01	Мельник Евгений Юрьевич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы.

Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- 1) оценка коммерческого потенциала разработки;
- 2) оценка готовности проекта к коммерциализации;
- 3) проработка методов коммерциализации и инициацию проекта;
- 4) планирование научно-исследовательской работы;
- 5) определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целями работы являются изучения влияния содержания суспензии ПТФЭ в прядильном растворе для электроспиннинга, режима термической обработки и влияния агрессивных сред при высоких температурах на прочность и относительное удлинение ПТФЭ мембран.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемая пористая полимерная политетрафторэтилен (ПТФЭ) мембрана найдет применение в таких химических и нефтехимических процессах как: мембранная дистилляция, обратный осмос, получение высокочистых жидкостей и газов, тонкой очистки от коллоидных соединений, механических и микробиологических примесей. В области водородной энергетики и возобновляемых источников энергии разработанные мембраны и технология их изготовления может быть востребована для изготовления протон проводящих полимерных мембран топливных элементов, а также сепараторов литий-ионных батарей. В авиационной и космической отраслях разработанные мембраны могут быть использованы в качестве эффективных легких изоляторов проводников, особенно в области сверхвысоких частот, работающих как при пониженных до $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ так и повышенных до $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурах. В области реконструктивно-восстановительной хирургии разработанные мембраны могут быть востребованы в качестве сосудистых патчей и антиспаечных мембран. В текстильной промышленности в качестве компонентов тканей, обеспечивающих защиту от ветра, влаги, низких температур в арктическом и тропическом климате.

В настоящее время ключевыми партнерами проекта являются:

АО «ГалоПолимер» – компания предоставляет необходимое сырье для реализации проекта (суспензии фторполимеров), осуществляет консультативную поддержку по вопросам связанных с техническими особенностями переработки предоставляемого сырья;

Группа компаний «ИнЭнерджи» – компания совместно с Томским политехническим университетом разрабатывает отечественную технологию

изготовления фторполимерных мембран для использования в метанольных и водородных топливных элементах;

ЗАО НПП «МедИнж» в настоящее время компания осуществляет тестирование фторполимерных мембран, разрабатываемых в ТПУ для использования в качестве альтернативы мембранам Gore-Tex® для использования в сердечно-сосудистой хирургии;

ПАО «СИБУР Холдинг»: нефтегазохимическое предприятие, использующее полиолефины, пластики, эластомеры в производстве потребительских товаров, строительстве, энергетике, химической промышленности и др.;

ПАО «Казаньоргсинтез»: химическое предприятие и производитель полиэтилена, этилена и пр.;

ООО «ЗапСибНефтехим»: нефтехимическое предприятие, занимающаяся переработкой нефтяного газа и газового конденсата.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время мембраны из ПТФЭ производят методом термоэкспандирования, который заключается в быстром одно или двусосном растяжении ПТФЭ мембраны при высокой температуре. Представленная технология является технически сложной в своей реализации и экономически дорогостоящей, как следствие, сформированные по этой технологии мембраны имеют очень высокую цену. В настоящее время стоимость одного квадратного метра ПТФЭ мембраны толщиной ~3 мм с открытой пористостью ~40 % оставляет более 3000 долларов США. Это существенно ограничивает практическое использование термоэкспандированных мембран (еПТФЭ). В рамках реализации настоящего проекта для получения пористых ПТФЭ мембран предлагается использовать метод электроспиннинга. Этот метод производства непрерывных полимерных волокон с субмикронным диаметром заключается в воздействие внешнего электрического поля высокой напряженности на раствор или расплав полимера инжектируемый в

пространство между сборочным коллектором на котором из отдельных полимерных волокон формируется натканная пористая мембрана. Для преодоления ограничений на растворимость и высокую вязкость расплава ПТФЭ, реализация проекта предполагает использование для изготовления мембраны водной суспензии ПТФЭ с диаметром частиц ~ 200 нм в качестве полимерной основы мембраны и поливинилового спирта (ПВС) в качестве волокнообразующего полимера с последующим удалением последнего. Технология получения пористых ПТФЭ мембран методом электроспиннинга не требует дорогостоящего технологического оборудования, отличается относительно простой аппаратной реализацией процесса и легко масштабируется. Эти особенности позволяют преодолеть технические ограничения как на размер получаемых мембран, так и на производительность метода, что позволит снизить стоимость готовой продукции. Важной особенностью разрабатываемой технологии является использование только отечественных коммерчески доступных российских материалов и технологического оборудования, что гарантирует технологический суверенитет разработки.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (4.1):

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Исходя из проведенного анализа можно заключить, что уязвимость конкурентных технологических решений связана, прежде всего с низкой химической стойкостью, надежностью, а также слишком высокой цены.

Наиболее сильным конкурентом можно считать мембраны производства Gore. Основными достоинствами являются конкурентоспособность продукта, удобство в эксплуатации и большая распространенность на рынке.

Преимуществом собственной разработки является то, что данный продукт обладает легкой масштабируемостью во многих отраслях промышленности и не требует для этого высоких затрат на реализацию.

Таблица 4.1.2.1 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
3. Химическая стойкость	0,3	5	4	3	1,5	1,2	0,9
4. Надежность	0,025	4	3	3	0,1	0,075	0,075
5. Безопасность	0,075	5	5	5	0,375	0,375	0,375
6. Простота эксплуатации	0,075	5	4	4	0,375	0,3	0,3
7. Срок работы	0,075	5	4	4	0,375	0,3	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,025	5	5	5	0,125	0,125	0,125
2. Цена	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
5. Цена на расходы	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
6. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	57	49	47	5	4,125	3,725

4.1.3 SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 4.1.3.1.

SWOT-анализ – это выявление сильных (S – strenghts) и слабых (W – weaknesses) сторон исследуемого объекта, что описывает внутреннюю среду, а также возможностей (O – opportunities) и угроз (T – threats) внешней среды.

Таблица 4.1.3.1 – Матрица SWOT

Strenghts (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
С1. Не требуется дорогостоящего технологического оборудования; С2. Дешевизна разработки; С3. Легкость в масштабируемости технологии получения пористых мембран; С4. Использование отечественных коммерчески доступных российских материалов; С5. Квалифицированный персонал;	Сл1. Вероятность получения брака; Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой; Сл3. Отсутствие прототипа научной разработки; Сл4. Долгий процесс получения ПТФЭ мембраны; Сл5. Влияние множества технологических параметров на конечный продукт;
Opportunities (возможности)	Threats (угрозы)
В1. Появление потенциального спроса на новые разработки; В2. Быстрое внедрение в производство; В3. Продажа технологии более крупному производителю; В4. Повышение стоимости конкурентных разработок; В5. Поддержка проекта со стороны государственных научных фондов;	У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке; У2. Ограничения на экспорт технологии; У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации биомедицинских материалов; У5. Несвоевременное финансирование;

После того, как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах 4.1.3.2 – 4.1.3.5.

Таблица 4.1.3.2 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	-
	B2	+	+	+	+	-
	B3	+	+	+	+	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	+	+	+	+	+

Таблица 4.1.3.3 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	+	-	-
	B2	-	-	+	-	-
	B3	-	-	+	-	-
	B4	-	-	+	+	+
	B5	-	-	+	+	-

Таблица 4.1.3.4 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-

Таблица 4.1.3.5 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта						
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	-	+	+	+
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	+	+	+	-	-

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, таблица 4.1.3.6.

Таблица 4.1.3.6– Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Не требуется дорогостоящего технологического оборудования; С2. Дешевизна реализации; С3. Легкость в масштабируемости технологии получения пористых мембран; С4. Использование отечественных коммерчески доступных российских материалов; С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Вероятность получения брака; Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой; Сл3. Отсутствие прототипа научной разработки; Сл4. Долгий процесс получения ПТФЭ мембраны; Сл5. Влияние множества технологических параметров на конечный продукт.
Возможности: В1. Появление потенциального спроса на новые разработки; В2. Быстрое внедрение в производство; В3. Продажа более крупному производителю; В4. Повышение стоимости конкурентных разработок; В5. Поддержка проекта со стороны государственных научных фондов.	Наилучший исход событий это получение дополнительных ресурсов как трудовых так и материальных в случае если технология окажется интересна каким либо инвесторам/покупателям;	Главная проблема разработки это получение брака и отсутствие квалифицированного персонала в виду специфики работы;
Угрозы: У1. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке; У2. Ограничения на экспорт технологии; У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации	Все сильные стороны проекта, а также специфика работы компенсируют угрозы, которые валяют из вне;	Для устранения всех угроз и слабых сторон необходимо тщательно подбирать кадры для выполнения работ, а также ознакомиться с технической документацией;

биомедицинских материалов; У5. Несвоевременное финансирование.		
---	--	--

В результате SWOT-анализа показано, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками.

Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения.

Основные направления повышения конкурентоспособности проекта: проведение дополнительных научных исследований, сокращение времени получения полимерных ПТФЭ мембран и устранения брака.

Основные преимущества данного проекта: универсальность, разработка может быть востребована в разных отраслях промышленности.

Не смотря на все преимущества проекта, есть и слабые стороны. На данном этапе не определены технологические параметры получения композитной ПВС/ПТФЭ мембраны.

4.2 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Необходимо оценить степень готовности к коммерциализации НИР и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения. Для этого заполняется специальная форма, которая содержит показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта, таблица 4.2.1.

Таблица 4.2.1 – Бланк оценки готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	5	5
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	63	62

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания находятся в диапазоне от 62 до 63, из чего следует, что разработка считается перспективной.

Некоторые аспекты вывода продукта на рынок не были учтены, а также проявляется недостаток знаний в некоторых областях. В связи с этим, необходимы консультации у соответствующих специалистов по разработке проекта.

4.3 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Так как разработка является перспективной, а знания разработчика достаточны для успешной ее коммерциализации, то реализация коммерциализации НИР предполагает создание собственного предприятия и торговлю патентными лицензиями.

4.4 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание, а также фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

4.4.1 Цели и результат проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 4.4.1.1.

Таблица 4.4.1.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Потенциальный потребитель	Удовлетворенность в выполнении заказа и соответствие заявленных требований
Разработчик	Получение прибыли со своего продукта
Научный руководитель, студент	Выполненная выпускная квалификационная работа

Цели и результат проекта в области ресурсоэффективности и

ресурсосбережения представлены в таблице 4.4.1.2:

Таблица 4.4.1.2 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получить и исследовать структуру и свойства химически стойких полимерных мембран на основе политетрафторэтилена сформированных методом электроспиннинга.
Ожидаемые результаты проекта:	Выявление физико-механических и структурных закономерностей между полимерной мембраной и воздействием на них химических растворителей. Получение технологических карт ПТФЭ мембран.
Критерии приемки результата проекта:	Отчет о проделанной работе, в котором содержится анализ и выводы о выявленных закономерностях.
Требования к результату проекта:	Требование: 1)Использование программы ImageJ для определения среднего диаметра волокон мембран. 2) Использование программы OriginPro 8 для расчет статистических показателей.

4.4.2 Организационная структура проекта

Участники, входящие в рабочую группу данного проекта, функции, и трудозатраты в проекте представлены в таблице 4.4.2.1.

Таблица 4.4.2.1 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Больбасов Е.Н., НОЦ Б.П. Вейнберга, научный сотрудник	Руководитель	Предоставление данных для обработки и расчетов	24
2	Мельник Е.Ю., НОЦ Б.П. Вейнберга, инженер	Исполняющий	Произведение расчетов, построение графиков и их описание, получение ПТФЭ мембран, проведение испытаний и экспериментов	744
ИТОГО:				768

В результате определения рабочей группы проекта, были определены функции и трудозатраты руководителя и исполняющего.

4.4.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта, таблица 4.4.3.1.

Таблица 4.4.3.1 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
Бюджет проекта	500 000 рублей
Источник финансирования	НИТПУ
Сроки проекта	01.01.2021 – 31.05.2022
Фактическая дата утверждения плана управления проектом	12.12.2021
Плановая дата завершения проекта	31.05.2022

4.5 Планирование управления научно-техническим проектом

4.5.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта. Линейный график представлен в виде таблицы 4.5.1.1.

Таблица 4.5.1.1 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1.	Составление и утверждение технического задания	5	10.01.2022	15.01.2022	Больбасов Е.Н. Мельник Е.Ю.

2.	Изучение учебной литературы по теме	5	16.01.2022	21.01.2022	Мельник Е.Ю.
3.	Изучение актуальных статей по теме	5	26.01.2022	31.01.2022	Мельник Е.Ю.
4.	Определение оптимального соотношения компонентов прядильного раствора (Ф-4Д+ПВС) ПТФЭ мембраны для электроспиннинга композитной мембраны	15	1.02.2022	16.02.2022	Мельник Е.Ю.
5.	Определение оптимальных технологических параметров процесса электроспиннинга композитной мембраны	15	17.02.2022	4.03.2022	Мельник Е.Ю.
6.	Оптимизация технологических параметров электроспиннинга	5	9.03.2022	14.03.2022	Мельник Е.Ю.
7.	Анализ полученных результатов, разработка технологической карты процесса электроспиннинга мембран	20	15.03.2022	4.04.2022	Большасов Е.Н. Мельник Е.Ю.
8.	Изучение влияния термической обработки на морфологию и физико-механические свойства мембраны	10	5.04.2022	15.04.2022	Мельник Е.Ю.
9.	Изучение влияния агрессивных сред на морфологию и физико-	10	16.04.2022	26.04.2022	Мельник Е.Ю.

	механические свойства мембраны				
10.	Анализ результатов, разработка технологической карты получения пористой ПТФЭ мембраны	5	27.04.2022	1.05.2022	Большасов Е.Н. Мельник Е.Ю.
11.	Оценка целесообразности и дальнейшего проведения ОКР	5	2.05.2022	7.05.2022	Большасов Е.Н. Мельник Е.Ю.
12.	Составление пояснительной записки	30	8.05.2022	7.06.2022	Мельник Е.Ю.
Итого:		130			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Календарный график проекта представлен в таблице 4.5.1.2, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на календарном графике выделяют различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.5.1.2 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код рабо ты (из ИСР)	Вид работ	Исполни тели	Т _к , ч.	Продолжительность выполнения работ																
				Янв.			Февр.			Март			Апр.			Май			И юн ь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	Составление и утверждение технического задания	Р,И	5	■																
2	Изучение учебной литературы по теме	И	5	■	■															
3	Изучение актуальных	И	5		■	■														

	статей по теме																	
4	Определение оптимального соотношения компонентов прядильного раствора (Ф-4Д+ПВС) ПТФЭ мембраны для электроспиннинга композитной мембраны	И	15															
5	Определение оптимальных технологических параметров процесса электроспиннинга композитной мембраны	И	15															
6	Оптимизация технологических параметров электроспиннинга	И	5															
7	Анализ полученных результатов, разработка технологической карты процесса электроспиннинга мембран	Р,И	20															
8	Изучение влияния термической обработки на морфологию и физико-механические свойства мембраны	И	10															
9	Изучение влияния агрессивных сред на морфологию и физико-механические свойства	И	10															

	мембраны																		
10	Анализ результатов, разработка технологической карты получения пористой ПТФЭ мембраны	Р,И	5																
11	Оценка целесообразности и дальнейшего проведения ОКР	Р,И	5																
12	Составление пояснительной записки	И	30																



– Руководитель (Р)



– Инженер (И)

Таким образом, запланированный комплекс работ может быть разделен на 12 этапов. На выполнение поставленных задач требуется порядка пяти месяцев.

4.5.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- 1) материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- 2) затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- 3) основная заработная плата исполнителей темы;
- 4) дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- 5) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 6) накладные расходы НИР.

4.5.2.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3–5 % от цены). Результаты представлены в таблице 4.5.2.1.1.

Таблица 4.5.2.1.1 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Суспензия	Ф-4Д	10	950	9500
Поливиниловый спирт	16/1 1 сорт	5	2700	13500
Шприц	10 мл	50	3	150
Фольга	440 мм	3	290	870
Марлевый обрез	10 м	3	400	1200
Нитриловые перчатки	L	100	22,15	2215
Инжектор	20G,22G,23G	100	24	2400
Дистиллированная вода	1,5 л	5	50	100
Изопропиловый спирт	ЭКОС-1	2	286	572
Всего за материалы				30507
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				1525,35
Итого по статье C_m				32032,35

Исходя из таблицы 4.5.2.1.1, можно увидеть, что больше половины денежных затраты расходуются на суспензию ПТФЭ и поливиниловый спирт (ПВС).

4.5.2.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования

производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене, таблица 4.5.2.2.1.

Таблица 4.5.2.2.1 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1.	Ультразвуковая ванна «Сапфир»	1	61 000	61 000
2.	Вискозиметр A&B SV-10	1	276 000	276 000
3.	Кондуктометр inoLab Cond 7310	1	126 000	126 000
4.	Установка для электроспиннинга Nanop-01 A	1	4 050 000	4 050 000
5.	Муфельная печь ИТМ 50.1100	1	520 000	520 000
6.	Испытательная машина Instron 3369	1	1 500 000	1 500 000

Расчет амортизационных отчислений осуществляется исходя из базовой стоимости оборудования и утвержденных норм амортизации.

Расчёт амортизационных отчислений H осуществлялся по формуле (4.2):

$$H = \sum_{i=1}^n \frac{T_{испi}}{365} \cdot K_i \cdot H_{ai}, \quad (4.2)$$

Где n – число единиц оборудования;

$T_{испi}$ – время использования i -ой единицы оборудования;

K_i – стоимость i -ой единицы оборудования;

H_{ai} – норма амортизации i -ой единицы оборудования.

Норма амортизации является величиной, обратной сроку службы оборудования T_{cc} , формула (4.3):

$$H_a = \frac{1}{T_{cc}}, \quad (4.3)$$

Результаты расчета амортизации оборудования представлены в таблице 4.5.2.2.2.

Таблица 4.5.2.2.2 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Цена	Срок службы, лет	Срок использования в НТИ, кал. дни	Н _а , %	Н, руб.
1.	Ультразвуковая ванна «Сапфир»	61 000	10	15	10	167
2.	Вискозиметр A&V SV-10	276 000	10	15	10	756
3.	Кондуктометр inoLab Cond 7310	126 000	10	15	10	345
4.	Установка для электроспиннинга Nanon-01 A	4 050 000	20	20	5	11096
5.	Муфельная печь ИТМ 50.1100	520 000	20	10	5	712
6.	Испытательная машина Instron 3369	1 500 000	30	10	3,3	1356
Итого:						14432

4.5.2.3 Основная заработная плата

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада, таблица 4.5.2.3.1.

Таблица 4.5.2.3.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	271

Месячный должностной оклад работника, формула (4.4):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (4.4)$$

Где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.

$k_{пр} = 0,3$ – премиальный коэффициент (определяется положением об оплате труда);

$k_{д} = 0,2$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_{р} = 1,3$ – районный коэффициент для г. Томска.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.5.2.3.2.

Таблица 4.5.2.3.1 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	30765	0,3	0,2	1,3	59992	3013	77	232001
Инженер	13190				25720	1044	127	132588
Итого:								364589

По результатам расчета основной заработной платы было выявлено, что заработная плата руководителю проекта составляет 232001 руб., исполняющего инженера составляет 132588 руб.

4.5.2.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). Определение величины дополнительной заработной платы $З_{доп}$ ведется по формуле (4.5):

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (4.5)$$

где $k_{доп} = 0,12$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

Результат вычислений приведены в таблице 4.5.2.4.1.

Таблица 4.5.2.4.1 – Заработная плата исполнителей НТИ

Исполнитель	$Z_{\text{доп}}$
Руководитель	27840
Инженер	15910
Итого:	43750

По результатам расчета дополнительной заработной платы было выявлено, что дополнительная заработная плата руководителю проекта составляет 27840 руб., исполняющего инженера составляет 15910 руб.

4.5.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья расходов содержит обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Размер выплат находится по формуле (4.6):

$$Z_{\text{внеб}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{внеб}}, \quad (4.6)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ), откуда $k_{\text{внеб}}=0,3$.

Затраты на отчисления приведены в таблице 4.5.2.5.1.

Таблица 4.5.2.5.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{\text{внеб}}$
Руководитель	77952
Инженер	44549
Итого:	122501

По результатам расчета отчислений во внебюджетные фонды было выявлено, что отчисления руководителя проекта составляют 77952 руб., исполняющего инженера составляют 44549 руб.

4.5.2.6 Бюджетная стоимость НИР

Бюджетная стоимость НИР приведена в таблице 4.5.2.6.1.

Таблица 4.5.2.6.1 – Стоимость НИР

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	
1	Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты	32032,35	32032,35
2	Специальное оборудование для научных (экспериментальных)	14432	14432
3	Основная заработная плата	232001	132588
4	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	27840	44549
5	Отчисления во внебюджетные фонды	77952	44549
Итого:		384257	268150

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Таким образом, расчетные затраты не превышают запланированную сумму в 500000 тыс. руб. Согласно таблице, наибольшие затраты по проведению НИР формируются за счёт затрат на заработную плату, а также на сырье и материалы, которые потребуются для производства ПТФЭ мембран.

4.5.3 Организационная структура проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта, таблица 4.5.3.1.

Таблица 4.5.3.1 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

4.5.4 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта, таблица 4.5.4.1.

Таблица 4.5.4.1 - План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

В данном подразделе были определены основные требования и условия по коммуникации проекта, взаимосвязь руководителя и исполняющего инженера.

4.5.5 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты, таблица 4.5.5.1.

Таблица 4.5.5.1 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Производственные	3	3	5	Средний	Подбор кадров для выполнения работ	Невыполнение планов по производству продукции
2	Страховые	3	3	5	Низкий	Страхование финансовых рисков	Возникновение внештатных ситуаций (пожар, землетрясение)
3	Конкурентные силы	3	3	5	Высокий	Наблюдение за конкурентами, введение рекламной компании	Возникновение новых производственных предприятий в данной области
4	Изменение потребительских предпочтений	3	3	5	Средний	Наблюдение за изменением потребительских предпочтений	Потребитель имеет право выбора продукции

Для эффективного управления возникшими рисками необходимо проводить исследования причин возникновения рисков и анализ рисков на основе полученных результатов принимать соответствующие управленческие решения.

4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.6.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный показатель разработки рассчитывается по формуле (4.7):

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (4.7)$$

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

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 268150$ руб., $\Phi_{\text{исп.2}} = 384257$ руб., $\Phi_{\max} = 500000$ руб.

$$I_{\Phi}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\max}} = \frac{268150}{500000} = 0,54 \quad (4.8);$$

$$I_{\Phi}^{\text{исп.2.}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2.}}}{\Phi_{\max}} = \frac{384257}{500000} = 0,77 \quad (4.9).$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по двум вариантам разработки проектируемый вариант считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

4.6.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра, таблица 4.6.2.1.

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 5,6 \quad (4.10);$$

$$I_{p1} = 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 5,05 \quad (4.11).$$

Таблица 4.6.2.1 – Сравнительная оценка характеристик всех вариантов

Объекты исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 2
1. Удобство в эксплуатации (соответствие требованиям потребителей)	0,3	5	5
2. Стабильность работы	0,15	4	4
3. Технические характеристики	0,2	5	4
4. Механические свойства	0,2	5	4
5. Материалоёмкость	0,15	5	5
ИТОГО	1	5,6	5,05

4.6.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Интегральный показатель эффективности вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}, \quad (4.12);$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{5,6}{0,54} = 10,4 \text{ (4.13);}$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{5,05}{0,77} = 6,6 \text{ (4.14).}$$

Интегральный показатель эффективности определяет расчетную сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{I_i}{I_1}, \text{ (4.15);}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{10,4}{10,4} = 1 \text{ (4.16);}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{6,6}{10,4} = 0,6 \text{ (4.17).}$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта, таблица 4.6.3.1.

Таблица 4.6.3.1 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп. 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,54	0,77
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5,6	5,05
3	Интегральный показатель эффективности	10,4	6,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,6

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 130 дней;

Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 268150 руб.;

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,54, что является показателем того, что ИР является относительно выгодной по сравнению с аналогами;

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 5,6, по сравнению с 5,05;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 10,4, по сравнению с 6,6, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.